

Évolution de la végétation de la Soufrière de Guadeloupe depuis les éruptions de 1976-77 par l'étude de la répartition d'espèces indicatrices

C. SASTRE, R. BAUDOIN & J. PORTECOP

Résumé : Après une description du dôme et de ses formations végétales, les auteurs étudient l'impact du volcanisme de 1976-77 sur la végétation de la Soufrière en fonction des divers phénomènes éruptifs. La description puis l'analyse statistique des cartes de répartition sur le dôme de 14 espèces indicatrices dont la sélection est discutée, permettent de dresser une carte de l'état de la végétation en 1981. Sa comparaison avec la carte des dégâts post-éruptifs met en évidence différents processus de colonisation du tapis végétal.

Summary : After describing La Soufrière and its plant communities, the authors assess the impact of the various components of the 1976-77 eruption by mapping the repartition of 14 properly selected taxa. These were chosen among representatives of the successional stages, from pioneer to climax plants, in the area. Statistical analysis of maps permits location of different states of vegetation in 1981. The comparison with the map of post-eruptif damages shows various kinds of vegetation regrowth.

Claude Sastre, Laboratoire de Phanérogamie, Muséum national d'Histoire naturelle, 16, rue Buffon, 75005 Paris, France.

Raymond Baudoin, Laboratoire de Cryptogamie, Muséum national d'Histoire naturelle, 12, rue Buffon, 75005 Paris, France.

Jacques Portecop, Laboratoire de Biologie végétale, C.U.A.G.-U.E.R. Sciences, B.P. 592, 97167 Pointe-à-Pitre, Guadeloupe.

Après les éruptions de la Soufrière de 1976-77, diverses publications (SASTRE, 1978 ; STEHLÉ, 1979, 1980 ; HOWARD & al., 1980) ont abordé le problème de la reprise de la végétation de ce volcan. Celles-ci, comme les observations faites après les éruptions de 1956 (STEHLÉ, 1958), restent limitées dans le temps. Aussi, afin de poursuivre des recherches de longues durées concernant la dynamique de la végétation sur la Soufrière, une équipe pluridisciplinaire s'est constituée et a mis en place une infrastructure pérenne d'observation. Ainsi plusieurs programmes d'étude abordant ce thème ont commencé selon deux approches complémentaires (BAUDOIN & al., sous presse). L'une correspond à des études fines mais localisées le long de transects traversant les zones différemment dégradées par le volcanisme de 1976-77. L'autre, plus globale, est basée sur la distribution de plusieurs espèces sur l'ensemble du dôme. Les résultats obtenus par notre équipe seront publiés au fur et à mesure de leur avancement et sous la signature des membres concernés.

Dans ce travail, après une description physique de la Soufrière, de sa végétation et

des dégâts provoqués par les éruptions de 1976-77, nous allons étudier les modifications des répartitions de 14 espèces indicatrices selon un système de mailles carrées. Il nous sera possible de suivre l'évolution de la régénération de la végétation sur ce volcan selon deux méthodes. L'une, rapide, en analysant seulement les variations quantitatives, met en évidence les zones où la colonisation est active et distingue les secteurs à végétation en équilibre de ceux où elle ne l'est pas. L'autre, en traitant les répartitions de chaque espèce, fournit un véritable état de la végétation.

LA SOUFRIÈRE

DESCRIPTION PHYSIQUE

Située au Sud de la Basse-Terre (Guadeloupe s.s.), la Soufrière est le seul volcan en activité d'un ensemble volcanique auquel elle a donné son nom (Pl. 1). Ce massif se place sur l'Arc des Petites Antilles qui compte actuellement 17 volcans actifs dont trois sous-marins (ROBSON & TOMBLIN, 1966). Parmi les plus connus, citons la Soufrière de St. Vincent entrée en éruption en 1978 et la Montagne Pelée (Martinique) qui détruisit St. Pierre en 1902.

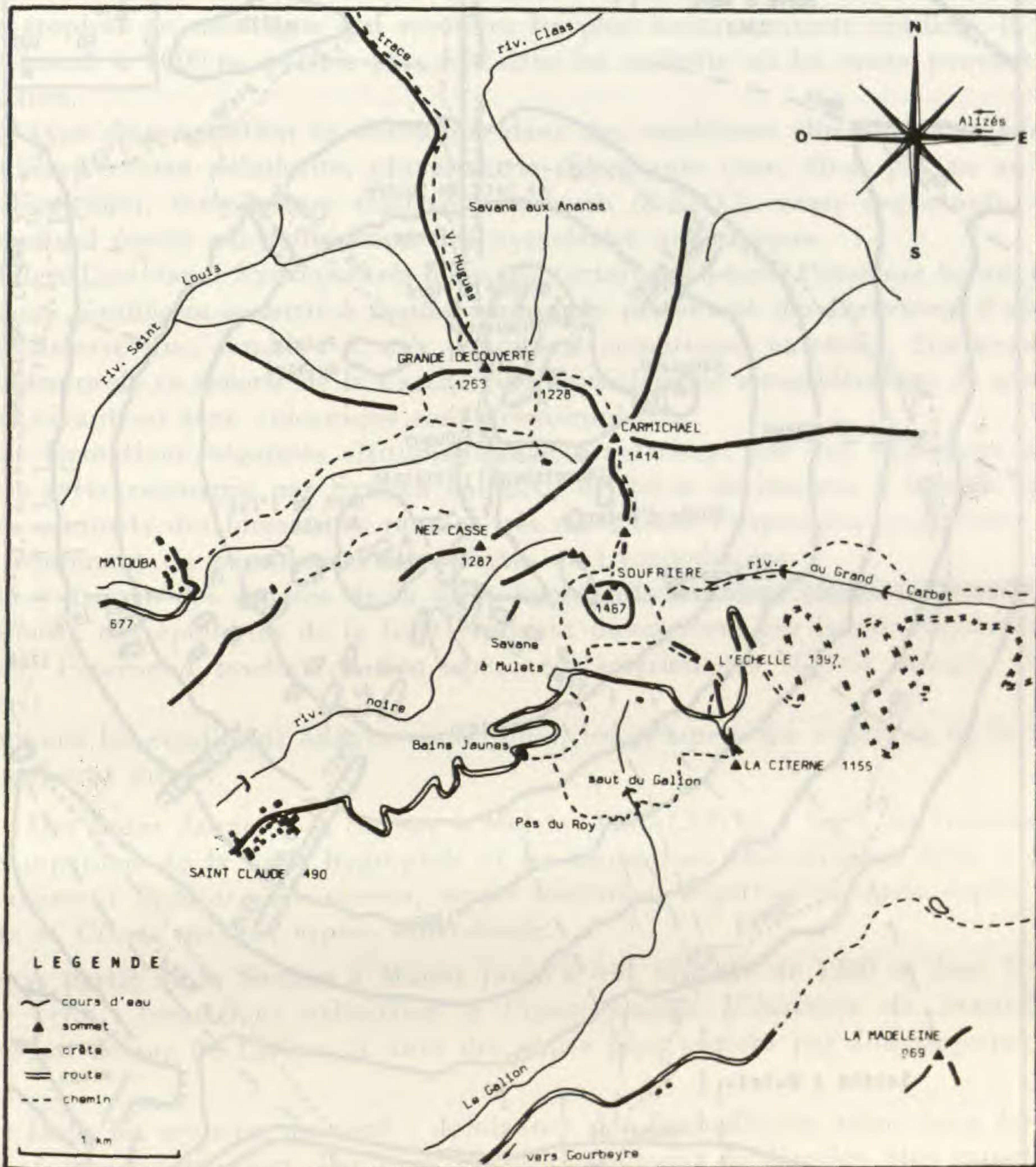
La Soufrière de Guadeloupe se présente (Pl. 2) comme un cône vertical et tronqué dont la partie supérieure, globalement horizontale, de 400 m de diamètre culmine à 1467 m (lieu dit la Grande Découverte) et domine de 300 m une base de 3 km environ de circonférence. Ce cône se dresse au milieu d'une enceinte circulaire aujourd'hui discontinuée, ancienne caldeira marquée par des reliefs importants tels que le Morne Amic au NW, le Piton Tarade au SW et le Morne Mitan au SE.

Par les discontinuités, les eaux pluviales s'écoulent donnant naissance à plusieurs rivières : Ravine Amic et Ravine Marchand à l'Ouest, le Carbet au Nord-Est et le Galion au Sud.

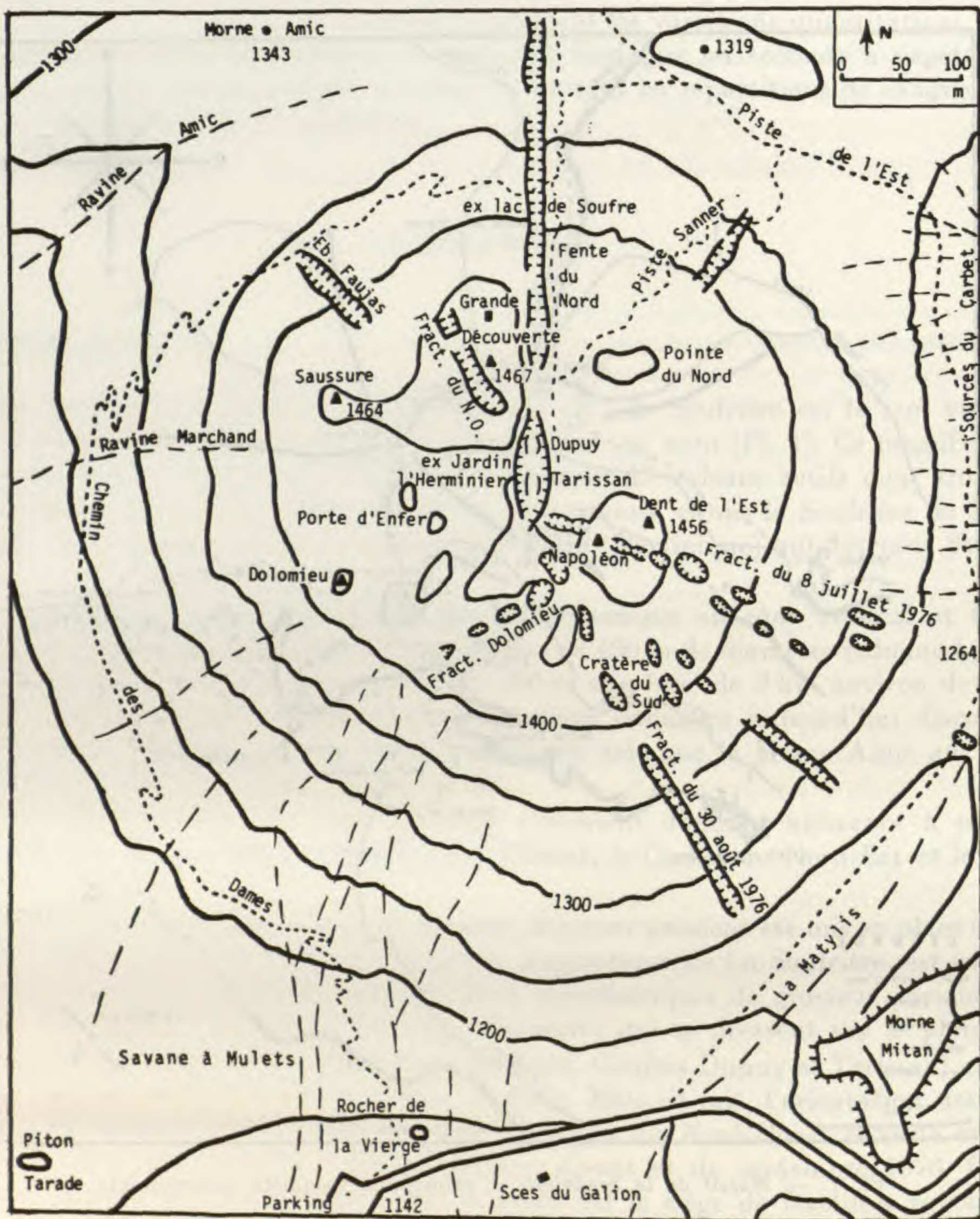
Le dôme, aux flancs raides, dont les derniers éléments auraient été mis en place en 1550 (PATERNE, 1980), année de la dernière éruption magmatique de La Soufrière, est constitué d'une masse d'andésite recouverte par des blocs pyroclastiques de grosseur variable, sauf au niveau des aiguilles de laves (Dolomieu, Saussure) qui se dressent sur le plateau.

Une ligne diamétrale de fractures (fente du Nord, Goufres Dupuy et Tarissan), orientée Nord-Sud, partage profondément le volcan en deux. Mais en fait, l'orientation des autres fractures : Éboulement Faujas daté de 1798, Fracture du Nord-Ouest ouverte en 1798, Fracture de 1956 (ou de juillet 1976), Fractures d'août et de septembre 1976, fracture sèche de la Ravine Marchand montre que le dôme est le siège de fractures rayonnantes (FEUILLARD, 1981).

D'après JOLIVET (1958), l'activité volcanique se déplace du NW vers le SE ; ainsi lors des manifestations de 1956 et de 1976-77, la partie nord n'a connu que quelques phénomènes fumerolliens au niveau de la Fente du Nord, tandis que la partie centrale (Goufres Dupuy et Tarissan) et sud-est (fractures nouvelles diverses) ont été le siège des phénomènes volcaniques les plus violents.



Pl. 1. — Massif de la Soufrière et principaux sommets environnants.



Pl. 2. — Carte topographique du dôme de la Soufrière.

VÉGÉTATION

Elle fait partie d'un ensemble altitudinal appartenant, selon PORTECOP (1978), à l'étage tropical de montagne qui recouvre les plus hauts sommets antillais. Il apparaît généralement à 1000 m, parfois plus bas dans les endroits où les vents peuvent exercer leur action.

Ce type de végétation se développe dans des conditions climatiques et édaphiques particulières : forte nébulosité, pluviométrie importante (env. 10 m par an au sommet de la Soufrière), température relativement basse (8-23° C), vents importants, présence d'un andosol formé par l'altération des pyroclastes andésitiques.

Malgré l'ambiance hydrique très marquée, certaines espèces (*Pitcairnia bifrons* à feuilles épineuses, *Gaultheria swartzii* à feuilles charnues) présentent des caractères d'adaptation à la sécheresse dus, semble-t-il, aux conditions climatiques extrêmes. SCHIMPER (1890), dans le cadre de sa théorie de la « sécheresse physiologique » considère que de nombreuses espèces vivant en zone volcanique sont des xérophytes.

Les formations végétales altitudinales se caractérisent par une végétation arbustive (appelée sylve rabougrie par STEHLÉ en 1935) de 3-5 m de hauteur à laquelle succèdent vers les sommets des formations rases à très rases selon l'exposition aux vents ; ces dernières contenant de nombreuses Bryophytes et Lycopodiacées.

On y trouve des espèces de la forêt hygrophile nanifiées (*Richeria grandis*, *Cyrilla racemiflora*), des épiphytes de la forêt croissant directement sur le sol (*Psychotria guadalupensis*, *Peperomia tenella*) et des espèces caractéristiques (*Clusia mangle*, *Guzmania plumieri*).

Suivant les conditions édapho-climatiques, les groupements végétaux de la Soufrière se répartissent ainsi :

— Des Bains Jaunes à la Savane à Mulets (1000-1200 m) : forêt de transition entre l'étage supérieur de la forêt hygrophile et les formations altitudinales. Nous y trouvons simultanément *Podocarpus coriaceus*, espèce forestière, *Inga martinicensis*, espèce caractéristique et *Clusia mangle*, espèce altitudinale.

— A partir de la Savane à Mulets jusqu'à une altitude de 1300 m dans les parties sous le vent : formations arbustives à *Clusia mangle* (*Clusietum* de STEHLÉ, 1935), relayées au dessus de 1300 m et dans des zones plus ventées par *Didymopanax attenuatus*.

— Dans les secteurs au vent : dominance des Broméliacées selon deux formations, l'une à *Guzmania plumieri*, l'autre à *Pitcairnia bifrons* ; la dernière plus caractéristique de zones rocheuses ou/et à très forte pente (y compris des falaises) et dans les zones à fumerolles.

— Sur le plateau : dominance des formations muscinales (*Sphagnetum* de STEHLÉ, 1935) avec des nuances selon l'exposition aux vents, les pentes et les possibilités d'accumulation d'eau suivant les replats et cuvettes naturelles favorisant une végétation marécageuse à *Eleocharis*.

IMPACT DE L'ACTIVITÉ VOLCANIQUE DE 1976-77 SUR LA VÉGÉTATION

Du 8 juillet 1976 au 1^{er} mars 1977, la Soufrière a présenté une réactivation intense des phénomènes volcaniques de surface. L'activité souterraine, ayant repris un an auparavant, fut ressentie dès le 24 mars 1976 par la population lors d'une violente secousse sismique. Cette crise, beaucoup plus importante que celle de 1956, se manifeste comme les précédentes¹ par des éruptions phréatiques causées par la libération soudaine d'une importante quantité de vapeur d'eau à pression et température élevées (200° C). En s'échappant, la vapeur arrache aux parois des fissures des matériaux rocheux (blocs et poussières) qu'elle entraîne et projette au-dessus du sol (WESTERCAMP, 1980).

Moins spectaculaire que les éruptions magmatiques, les éruptions phréatiques sont responsables de la majorité des grandes fractures visibles du dôme. Elles mettent en œuvre des énergies considérables ; ainsi le 8 juillet 1976 lors de la réouverture de la fracture de 1956, 10⁶ tonnes de poussières et 10⁷ tonnes d'eau ont été émises (LE GUERN & al., 1980). L'éruption du 10 octobre 1976, qui n'a duré que 15 minutes, a projeté de 5 à 10 000 tonnes de matières avec une vitesse d'éjection d'environ 200 m/s. Le mécanisme des éruptions phréatiques, qui existent aussi dans d'autres volcans, a été bien décrit par GOGUEL en 1977. Ces éruptions sont accompagnées d'émission de gaz toxiques souvent liée à une augmentation des activités fumerolliennes, de coulées de boues (lahars) à la suite du glissement des nouveaux dépôts et des terrains anciens.

TYPES DE DÉGATS

Les travaux antérieurs consacrés aux dégâts provoqués par le volcanisme à la végétation concernent surtout des éruptions magmatiques (SCHNELL, 1971). Dans le cas des éruptions de 1976-77, s'agissant d'éruptions phréatiques, les dommages furent différents.

Projections de blocs, jets de poussière, gaz toxiques et coulées de boue provoquèrent à la végétation divers dégâts qu'il est possible de répartir en 4 types :

1) *Broyage* : les chutes de blocs dont la masse variait entre 0,1 et 10⁴ kg ont causé une destruction mécanique des parties aériennes des végétaux (défoliation, bris de branches). Sauf dans les cas extrêmes (gros blocs, ensevelissement) les plantes résistent assez bien et peuvent émettre assez rapidement des rejets, du moins, tant que leurs parties souterraines sont intactes. Les blocs se trouvent aux environs de leurs lieux d'émission particulièrement le long des fractures de juillet et août-septembre 1976. Ceci explique leur localisation sur les flancs Sud-Est où ils ont comblé la vallée de la Matylis et recouvert la végétation sur 1-2 m (LE GUERN & al., 1980).

2) *Ensevelissement* : les « cendres » sous l'effet des vents dominants se sont localisées principalement dans la partie SW depuis le plateau sommital jusqu'à la Savane à Mulets et la Ravine Marchand. Suivant les régions, elles ont recouvert la végétation sur une épais-

1. 1956 décrite par JOLIVET, 1836-37 décrite par MERCIER.

seur pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres. Sous l'effet des pluies et de la condensation des éruptions phréatiques, elles ont, par endroits, provoqué de véritables torrents boueux (lahars) entraînant sol et plantes sur leur passage et creusant des ravines de 2-3 m de profondeur (source du Galion, Savane à Mulets). Certaines ravines conduisant au Carbet ont aussi été le siège de quelques glissements de terrain.

Le pH particulièrement bas (voisin de 3) a favorisé la constitution d'un milieu quasi-abiotique. L'oxydation des pyrites a permis la formation d'une croûte dure et imperméable en surface favorisant le ruissellement (CABIDOCHÉ & CLAIRON, sous presse). Ces conditions pourraient permettre un début de processus de fossilisation des végétaux totalement enfouis. Parmi les plantes atteintes par les coulées de boue, seules celles dont une bonne proportion de partie aérienne n'a pas été recouverte, ont des chances de survivre.

3) *Asphyxie* : les « cendres » sont les principales responsables. En effet, comme le signalent CABIDOCHÉ & CLAIRON, par leur finesse, elles s'insèrent dans les stomates des feuilles et gênent considérablement les phénomènes d'échanges gazeux entre la plante et le milieu environnant. Contrairement aux blocs, elles se sont répandues très loin de leurs lieux d'émission, jusqu'à la côte de Baillif à Basse-Terre ; notons qu'un fait semblable a été observé par MERCIER lors de l'éruption du 3 décembre 1836. Dans ce secteur compris entre la côte et La Soufrière, la végétation épiphyllé, très sensible à la qualité de l'air, a pratiquement disparu prouvant l'effet toxique des cendres.

4) *Effets chimiques* : l'action des substances chimiques peut atteindre les organes aériens, s'il s'agit de gaz toxiques, ou les parties souterraines si elles se trouvent au contact des cendres ou des eaux polluées. D'une façon générale, la libération d'une quantité importante de sulfures et de sulfates a fortement acidifié le milieu. CHEVRIER (1980) cite des pH variant de 1,1 à 3,4 pour les condensats des vapeurs du col de l'Échelle lors des éruptions des 14-16 juillet 1976 ; CABIDOCHÉ & CLAIRON indiquent un pH de 3,3 à 3,7 pour les cendres recouvrant la végétation du Sud-Ouest vers 1200 m d'altitude.

De nombreux auteurs (LACROIX, 1903 ; STEHLÉ, 1935, 1958 ; BRUET, 1950 ; JOLIVET, 1958 ; HOWARD, 1962) ont montré le rôle toxique des fumerolles de La Soufrière, principalement de celles situées au col de l'Échelle.

Aussi beaucoup de végétaux montraient des brûlures d'acide comme en témoignent certaines photographies prises pendant les éruptions par LE GUERN. La majorité des arbres situés dans la forêt au-dessus des Bains Jaunes étaient étêtés à un niveau correspondant à celui des nuages provoqués par les éruptions phréatiques et transportés par le vent. Par la suite beaucoup d'arbres sont morts et il est toujours possible de voir leurs troncs et leurs cimes desséchés.

A cette toxicité s'ajoute celle causée par la libération d'ions aluminium (Al^{+++}) dans le sol, entretenue par l'acidité qui se maintient très forte et dont CABIDOCHÉ & CLAIRON ont montré l'effet dans les cultures maraîchères de Matouba.

DÉFINITION ET CARTOGRAPHIE DES ZONES DE DÉGATS EN 1979

Afin d'établir la carte des dégâts causés à la végétation, nous avons utilisé le fond de carte de l'I.G.N. au 1/20 000 sur lequel nous avons reporté les observations de FEUIL-

LARD (publiées en 1981), les données qu'il est possible de tirer des photographies aériennes effectuées par l'Institut de Physique du Globe lors des éruptions de 1976-77 et nos propres documents photographiques de 1977 à 1979 complétés par nos observations sur le terrain. Afin de mieux nous y repérer, nous avons matérialisé par des piquets, 5 transects dès 1978 et reconnu plus tard un 6^e (Pl. 3). Pour situer un certain nombre de localités, nous avons tenu compte d'ouvrages anciens décrivant La Soufrière (LE BOUCHER, 1903 ; LACROIX, 1904 ; THIONVILLE, 1931).

Grâce à ces documents, nous avons défini et cartographié 4 états pour la végétation du dôme (Pl. 3) :

1. *Végétation détruite* : une grande partie du secteur central et Sud-Ouest à Sud-Est limité à l'Ouest par une ligne située à 70-80 m de la Ravine Marchand et à l'Est par la fracture de juillet 1976, avec des prolongements le long des lahars provoqués par les fractures de 1976. Depuis 1980, deux zones se différencient : l'une située entre les cotes 1200 et 1350 se couvre peu à peu de végétation où les Phanérogames dominent, l'autre, au-dessus de 1350 et même 1300 m aux niveaux des fractures de 1976, se présente pratiquement dénudée et n'est peuplée que par des Cryptogames (Algues, Champignons, Hépatiques).

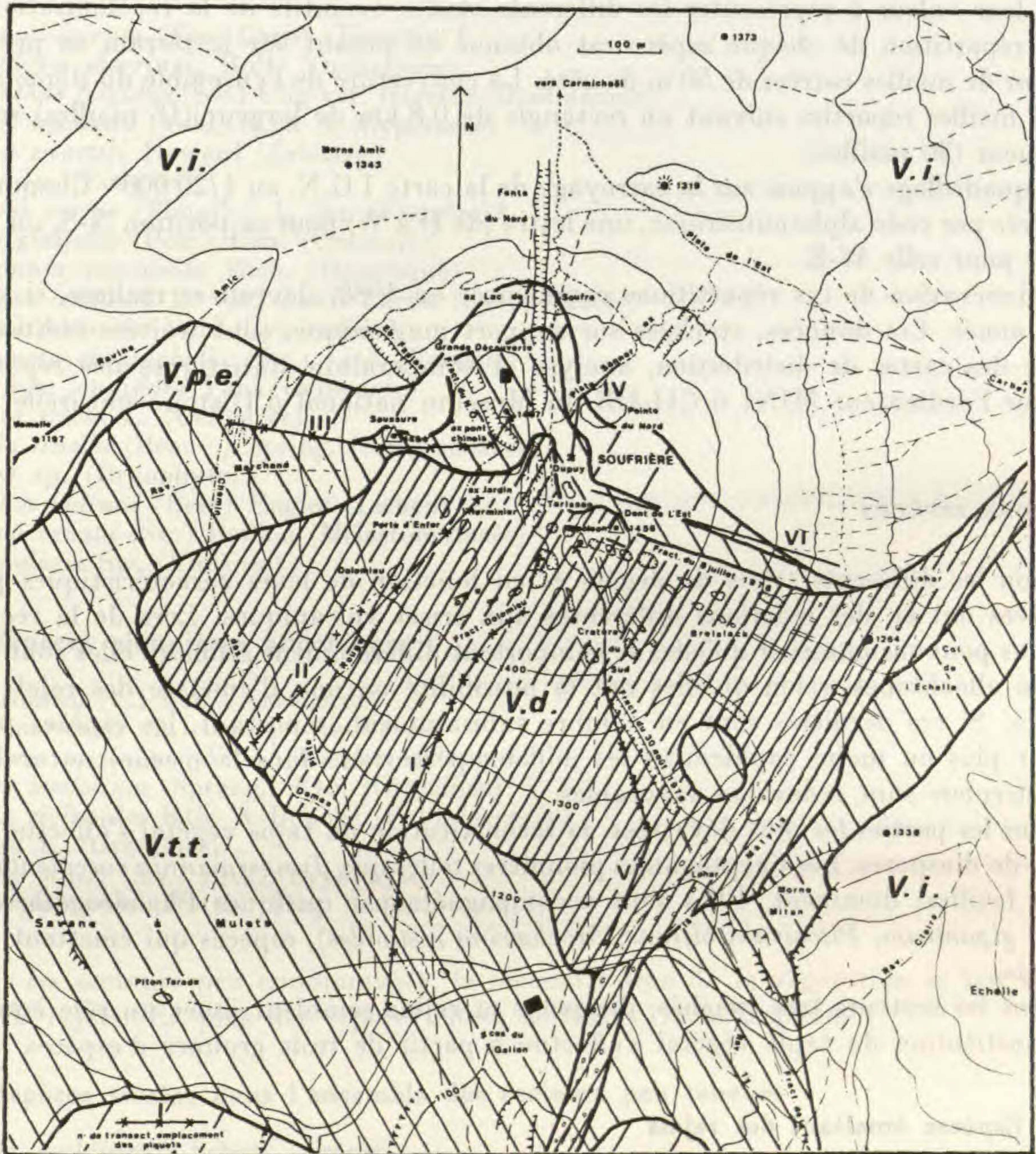
2. *Végétation très touchée* : située en périphérie de la précédente comprenant les sources du Galion, la Savane à Mulets, la ravine Marchand, Saussure, la Fracture du Nord-Ouest, la Grande Découverte, la partie haute de la Grande Fente du Nord, une étroite bande d'une vingtaine de mètres longeant la fracture de juillet 1976, le flanc Est du Morne Mitan et la ravine de la Ty. Il faut y ajouter un petit secteur situé entre les deux fractures de 1976. La végétation, fortement endommagée, n'est pas entièrement détruite et dans les mois qui suivirent la dernière éruption phréatique du 1^{er} mars 1977, de nombreuses plantes émettaient des rejets et même fleurissaient. Parmi les plus spectaculaires, citons *Philodendron giganteum* et *Pitcairnia bifrons*.

3. *Végétation peu endommagée* : située principalement au Nord de la zone précédente comprenant une partie du versant gauche de la ravine Amic, le versant Nord de Saussure, la majorité de la Fente du Nord, le versant W de la Pointe du Nord et une partie des ravines du Carbet. Contrairement à ce que l'on peut observer dans les autres zones, la végétation n'a pas été totalement défeuillée et presque toutes les espèces des formations altitudinales présentent des pieds vivants. Citons principalement *Clusia mangle* et *Guzmania plumieri*.

4. *Végétation intacte* (ou presque) : située au Nord et comprenant la ravine Amic, l'Éboulement Faujas, la partie inférieure de la Fente du Nord, la piste Sanner, la piste de l'Est et les sources du Carbet. La végétation a subi quelques fines pluies de cendres et a été balayée par quelques émanations fumerolliennes et quelques mois après il n'y avait plus de traces visibles, du moins pour les Phanérogames. Pour les Cryptogames épiphylls, rappelons-le, très sensibles à la qualité de l'air, il semble très difficile d'énoncer une telle affirmation.

En comparant avec les observations de LE GUERN faites au début de 1977 (LE GUERN & al., 1980), on remarque que la zone indiquée par cet auteur comme totalement détruite, s'étend aussi sur les secteurs que nous définissons comme ayant une végétation très touchée.

En effet, certains végétaux dont les parties aériennes étaient mortes à cette époque, ont émis depuis des rejets et ce sont eux qui nous ont permis de définir la zone très touchée. On observe aussi que la limite entre la végétation intacte et celle peu endommagée se situe au voisinage de la courbe d'isoépaisseur de cendres cumulée de 10 cm.



Pl. 3. — Carte de l'état de la végétation de la Soufrière après les éruptions de 1976-77 (Février 1979) : V.i., végétation intacte ; V.p.e., végétation peu endommagée ; V.t.t., végétation très touchée ; V.d., végétation détruite.

ÉVOLUTION ET ÉTAT EN 1981 DE LA VÉGÉTATION

Le but de ce programme est de réaliser le suivi de la végétation du dôme de la Soufrière par l'étude de la répartition d'un certain nombre d'espèces sélectionnées, en fonction de leur valeur à représenter les différents stades évolutifs de la recolonisation.

La répartition de chaque espèce est obtenue en notant sur le terrain sa présence à l'intérieur de mailles carrées de 50 m de côté. La couverture de l'ensemble du dôme a nécessité 320 mailles réparties suivant un rectangle de 0,8 km de largeur (16 mailles) sur 1 km de longueur (20 mailles).

Ce quadrillage s'appuie sur la carroyage de la carte I.G.N. au 1/20 000^e. Chaque maille est repérée par code alphanumérique, une lettre (de D à W) pour sa position N-S, un nombre (4 à 19) pour celle W-E.

L'observation de ces répartitions commencée en 1980, devrait se réaliser, si possible, chaque année. Ces données, stockées sur support magnétique, sont traitées (édition automatique des cartes de distribution, analyse et comparaison statistiques des répartitions, etc...) sur l'ordinateur MINI 6 CII-HB du Muséum national d'Histoire naturelle.

CHOIX DES ESPÈCES

Selon les différents types de dégâts et en fonction de leurs caractéristiques propres, les espèces ont eu des réactions différentes aux crises volcaniques. Lors de la recolonisation, nous pouvons observer qu'elles se comportent différemment selon qu'elles sont autochtones ou allochtones, selon qu'elles ont la possibilité ou non d'émettre des rejets ou des diaspores. Si ces dernières sont en nombre suffisamment important, les espèces pourront coloniser plus ou moins rapidement les milieux perturbés, dans la mesure naturellement, où ces derniers sont redevenus favorables.

Dans les parties les plus dévastées, la reconstitution du tapis végétal s'effectue surtout à partir de diaspores. Les Cryptogames pionnières telles que *Jungermannia succulenta* (Hépatique à feuilles) dominent. Elles sont accompagnées par quelques Phanérogames (*Philo-dendron giganteum*, *Pitcairnia bifrons*, *Machærina restioides*), espèces qui émettent souvent des rejets.

Dans les secteurs très touchés, diaspores et rejets semblent jouer un rôle équivalent. La reconstitution du tapis végétal s'effectue à partir de trois groupes d'espèces :

a) **Espèces émettant des rejets**

Charianthus alpinus Howard (Mélastomatacée) ¹

Cyrilla racemiflora L. (Cyrillacée)

Freziera undulata Sw. var. *elegans* (Tul.) Kr. & Urb. (Théacée)

Ilex macfadyenii (Walp.) Rehder (Ilicacée) ¹

Norantea spiciflora (Juss.) Kr. & Urb. (Maregraviacée)

1. Aussi colonisatrices par diaspores.

Philodendron giganteum Schott (Aracée)
Pitcairnia bifrons (Lindley) Read (Broméliacée) ¹
Rapanea coriacea (Sw.) Mez (Myrsinacée) ¹
Symphysia racemosa (Vahl) Stearn (Vacciniacée)
Weinmania pinnata L. (Cunoniacée)

b) **Espèces pionnières autochtones (diaspores)**

Blechnum violaceum (Fee) Christ (Fougère) ²
Brachionidium sherringii Rolfe (Orchidacée)
Calolysianthus frigidus (Sw.) Gilg var. *frigidus* (Gentianacée)
Eleocharis maculosa (Vahl) R. & S. (Cypéracée)
Gaultheria swartzii Howard (Éricacée)
Glechenia sp. (Fougère)
Histiopteris incisa (Thumb.) J. Sm. (Fougère) ²
Isachne rigidifolia (Poir.) Urb. (Graminée)
Jungermannia succulenta Rich. (Hépatique)
Lycopodium cernuum L. var. *dussii* Christ (Lycopodiacee)
Machærina restioides Vahl (Cypéracée) ²
Pityrogramma chrysophylla (Sw.) Link (Fougère) ²
Rhynchospora longiflora Vahl (Cypéracée)
Sauvagesia erecta L. (Ochnacée)
Selaginella tenella (Beauv.) Spring. (Selaginellacée)
Sphagnum sp. (Bryophyte)
Stereocaulon vulcani (Berg) Engler (Lichen)
Tibouchina ornata (Sw.) Baillon (Mélastomatacée) ²
Viola stipularis Sw. (Violacée)

c) **Espèces pionnières allochtones**

Centella asiatica (L.) Urb. (Ammiacée)
Conyza bonariensis (L.) Cronq. (Astéracée)
Dicranopteris pectinata (Willd.) Underw. (Fougère)
Ischæmum latifolium (Spreng.) Kth. (Graminée)
Phytolacca rivinoides Kth. & Bouché (Phytolaccacée)
Poa annua L. (Graminée)
Pogonatum tortile (Sw.) Brid. (Bryophyte)
Pterolepis glomerata (Rottb.) Miq. (Mélastomatacée)

Dans les secteurs peu endommagés, la reconstitution de la végétation se fait surtout à partir de rejets. En plus des espèces citées ci-dessus, nous trouvons :

a) **Espèces situées dans l'ensemble des secteurs peu touchés**

Anthurium guildingii Schott (Aracée)
Cephaelis axillaris Sw. (Rubiacee) ¹
Clusia mangle L. C. Rich. (Clusiacee)
Cnemidaria grandifolia (Willd.) Proctor (Fougère)
Didymopanax attenuatus (Sw.) March. (Araliacee) ¹
Guzmania plumieri (Griseb.) Mez (Broméliacee)

Juncus guadeloupensis Buch. & Urb. (Juncacée)¹
Miconia coriacea (Sw.) DC. et *M. vulcanica* Naud. (Mélastomatacées)¹

b) **Espèces situées uniquement dans les secteurs peu touchés de la Savane à Mulets (près du Piton Tarade)**

Byrsonima trinitensis A. Juss. (Malpighiacée)
Charianthus corymbosus (L. C. Rich.) Cogn. (Mélastomatacée)
Cyathea arborea (L.) J. E. Smith (Fougère)
Palicourea crocea (Sw.) R. & S. (Rubiacee)
Prestœa montana Nicols. (Arecacée)
Rapanea trinitatis (A. DC.) Mez (Myrsinacée)
Richeria grandis Vahl (Euphorbiacée)
Ternstroemia elliptica Sw. (Théacée)

L'aire de ces dernières, en majorité de milieux forestiers, n'a jamais dépassé le secteur de la Savane à Mulets, ce qui explique leur actuelle localisation.

Dans les zones peu touchées, quelques espèces se réinstallent à partir de diaspores :

Campylopus richardii Brid. (Bryophyte)
Lobelia flavescens (Presl.) E. Wimm. (Lobéliacée)
Peperomia tenella (Sw.) A. Dietr. (Pipéracée)
Trentepohlia sp. (Phéophycée)

Plusieurs espèces vivant sur La Soufrière avant les événements de 1976-77 n'ont toujours pas été observées depuis cette période :

Besleria lutea L. (Gesnériacée)
Calolysianthus frigidus (Sw.) Gilg. var. *jolivetii* Stehlé (Gentianacée)
Epidendrum patens Sw. (Orchidacée)
Eupatorium trigonocarpum Griseb. (Astéracée)
Grammadenia parasitica (Sw.) Griseb. (Myrsinacée)
Hedyosmum arborescens Sw. (Chloranthacée)
Hemidiodia ocymifolia (Willd. ex R. & S.) K. Schum. (Rubiacee)
Hillia parasitica Jacq. (Rubiacee)
Lobelia guadeloupensis Urb. (Lobéliacée)
Lycopodium sieberianum Spreng. et *L. clavatum* L. (Lycopodiacees)
Maxillaria coccinea (Jacq.) L. O. Wms. ex Hodge (Orchidacée)
Mikania ovalis Griseb. (Astéracée)
Myrcia dumosa Kr. & Urb. (Myrtacée)
Peperomia hernandæfolia (Vahl) Dietr. (Pipéracée)
Phenax sonneratii (Poir.) Wedd. (Urticacée)
Pilea duchassaingii Urb. (Urticacée)
Relbunium hypocarpium (L.) Hemsl. var. *guadeloupensis* (Spreng.) Stehlé (Rubiacee)
Rondeletia parviflora Rich. (Rubiacee)

Mise à part *R. hypocarpium* connue de l'ex-Jardin L'Herminier, toutes les autres espèces n'avaient été observées que dans le secteur de la Savane à Mulets.

Étant donnée l'importance numérique des espèces vivant sur La Soufrière, il nous a semblé judicieux d'en sélectionner quelques-unes caractéristiques des grands groupes

écologiques reconnus. Le choix s'est porté sur des espèces bien représentées sur La Soufrière avant 1976, faciles à reconnaître y compris au niveau des plantules, ayant une signification phytosociologique et/ou écologique et un comportement net vis à vis des phénomènes volcaniques. Ont ainsi été éliminées des espèces à leur limite éco-biogéographique comme celles localisées à la Savane à Mulets ou représentées par quelques populations (*Poa annua*) ou sporadiques (*Brachionidium sherringii*).

Ainsi nous avons retenu :

- *Pogonatum tortile* et *Ischæmum latifolium* (espèces pionnières allochtones) ;
- *Sphagnum* sp. et *Gaultheria swartzii*, espèces typiques du *Sphagnetum* ; *Isachne rigidifolia*, espèce du *Pitcairniétum*, *Machærina restioides* et *Jungermannia succulenta*, espèces rupicoles (toutes pionnières autochtones) ;
- *Cyrilla racemiflora*, *Pitcairnia bifrons* et *Philodendron giganteum* (espèces émettant des rejets dans toutes les zones) ;
- *Clusia mangle*, typique du *Clusietum* et *Guzmania plumieri*, espèce climacique du *Pitcairniétum* (espèces n'émettant des rejets qu'en secteurs peu touchés) ;
- *Peperomia tenella* et *Campylopus richardii*, espèces se reproduisant par diaspores en zones peu perturbées.

RÉPARTITION DES ESPÈCES CHOISIES

Ischæmum latifolium : Graminée vivace à rhizome rampant, à chaume parfois sarmenteux de 1-3 m de longueur, à inflorescences longues de 5-9 cm, digitées, rameaux et feuilles souvent rougeâtres. Espèce plutôt pionnière des régions chaudes et humides d'Amérique Centrale, des Antilles et du S de l'Amérique du Sud ; se rencontre surtout dans les anciennes cultures, aux bords des routes et dans des zones bouleversées à la suite de catastrophes naturelles (glissements de terrain, éruptions volcaniques). Dans certains secteurs de la Montagne Pelée (Martinique), en association avec des Fougères telles que *Dicranopteris pectinata* (Willd.) Underw. et *Nephrolepis rivularis* (Vahl) Matt, elle forme des formations végétales relativement stables empêchant l'installation des espèces autochtones dont les populations avaient été détruites lors des éruptions de 1902-03 et 1929-30.

Avant les manifestations volcaniques de la Soufrière de 1976-77, cette espèce existait sur les bords de la route près de Bains Jaunes. Dès 1977, elle commença à s'installer à la Savane à Mulets. Sa progression fut particulièrement remarquable en 1979-80. Actuellement son aire, apparemment stabilisée, intéresse surtout les secteurs très touchés et peu touchés situés sous le vent, y compris dans la vallée de la Matylis protégée en partie du vent par le Morne Mitan et l'Échelle (Pl. 4a). *I. latifolium* semble ne pas pouvoir s'installer sur le sol à pH trop bas (< 4) et dans les régions trop ventées.

Pogonatum tortile (Sw.) Brid. : Polytrichacée d'Amérique Centrale et du Sud. Terri-
ricole de la base de l'étage hygrophyle, où elle colonise les talus humides jusqu'à l'étage tropical de montagne.

Existait déjà le long des sentiers de randonnée surtout en zone rocheuse. Son aire actuelle suit le Chemin des Dames, les zones d'éboulements de 1976-77 et les ravines des

sources du Carbet ayant subi des glissements de terrain (Pl. 4b). Cette espèce semble indifférente aux vents, contrairement à *I. latifolium*.

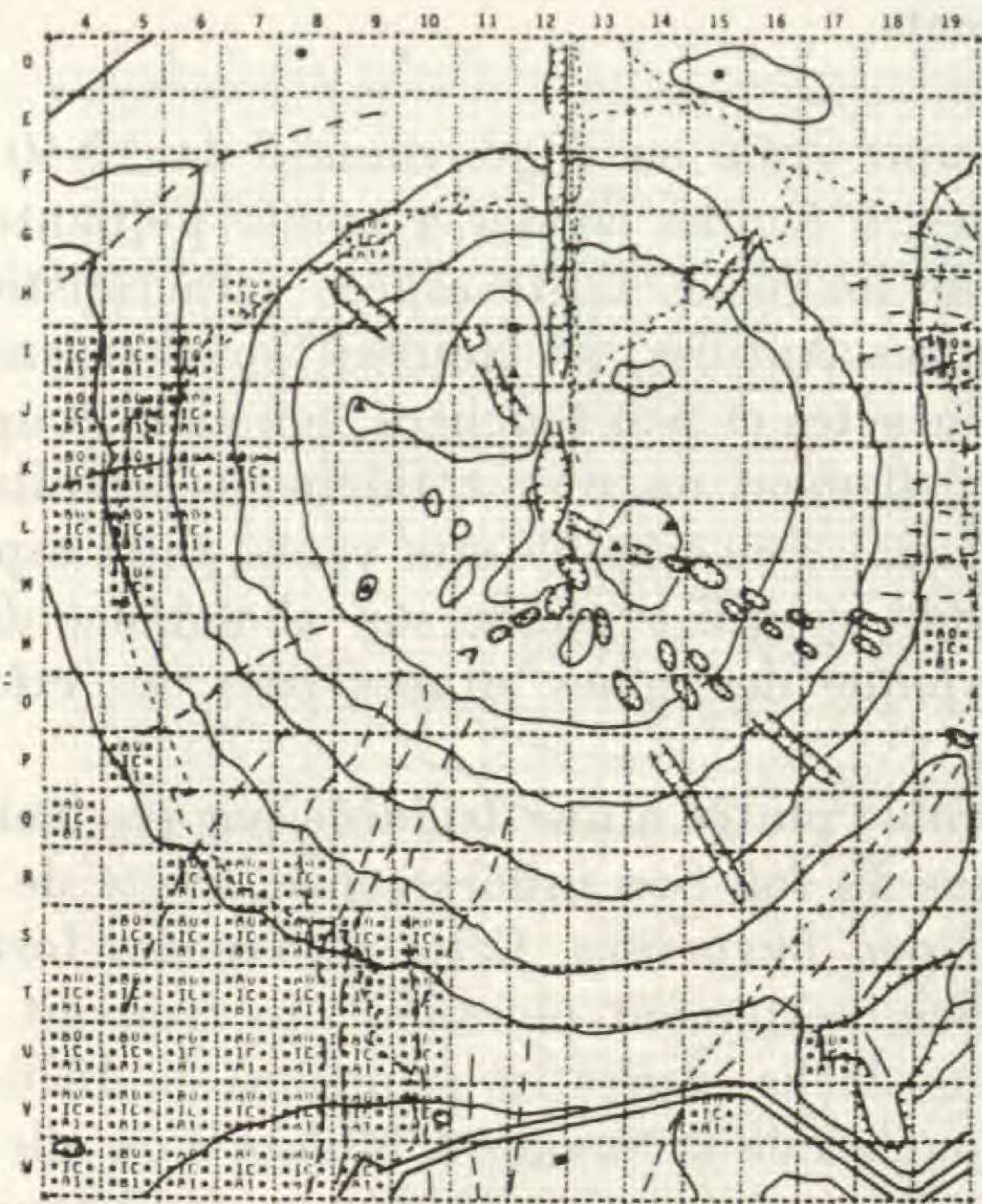
Sphagnum spp. : Les grandes taches claires formées par des colonies de sphaignes étaient une caractéristique physiologique du dôme de la Soufrière. Leur pouvoir colonisateur associé à la forte humidité explique l'ancienne importance numérique de leurs populations. Mais il ne faut pas les croire insensibles aux modifications du milieu, l'éruption de 1902 de la Montagne Pelée en faisant disparaître le lac sommital dit des « Palmistes » les a depuis éliminées de Martinique. Les nombreux taxons décrits se répartissent en trois espèces : *S. meridense* (Hamp.) C. M., *S. erythrocalyx* Hamp. et *S. portoricense* Hamp. (JOVET-AST, 1952 ; VAN DER WIJK, 1967). Seul STEHLÉ (1979) cite *S. magellanicum* Brid. en Guadeloupe. Cette espèce, fréquente en Amérique du Sud, peut selon LEROY ANDREWS (1941), se confondre avec *S. erythrocalyx*. L'incertitude taxonomique encore réelle pour ce genre, la difficulté de détermination sur le terrain et certaines exigences écologiques apparemment semblables (en l'état actuel de nos connaissances), nous ont conduits à ne pas distinguer les espèces et à cartographier la répartition du genre.

Il existait pratiquement sur l'ensemble du dôme. En 1977, son aire était réduite aux secteurs peu touchés et intacts. En 1980, de belles populations s'observaient le long du Chemin des Dames en zone très touchée et en 1981, l'aire des sphaignes atteint le transect 2 en zone totalement détruite (Pl. 4c). Comme *P. tortile*, il semble peu sensible aux vents qui s'avèrent d'efficaces agents transporteurs de ses diaspores constituées par des fragments de rameaux feuillés.

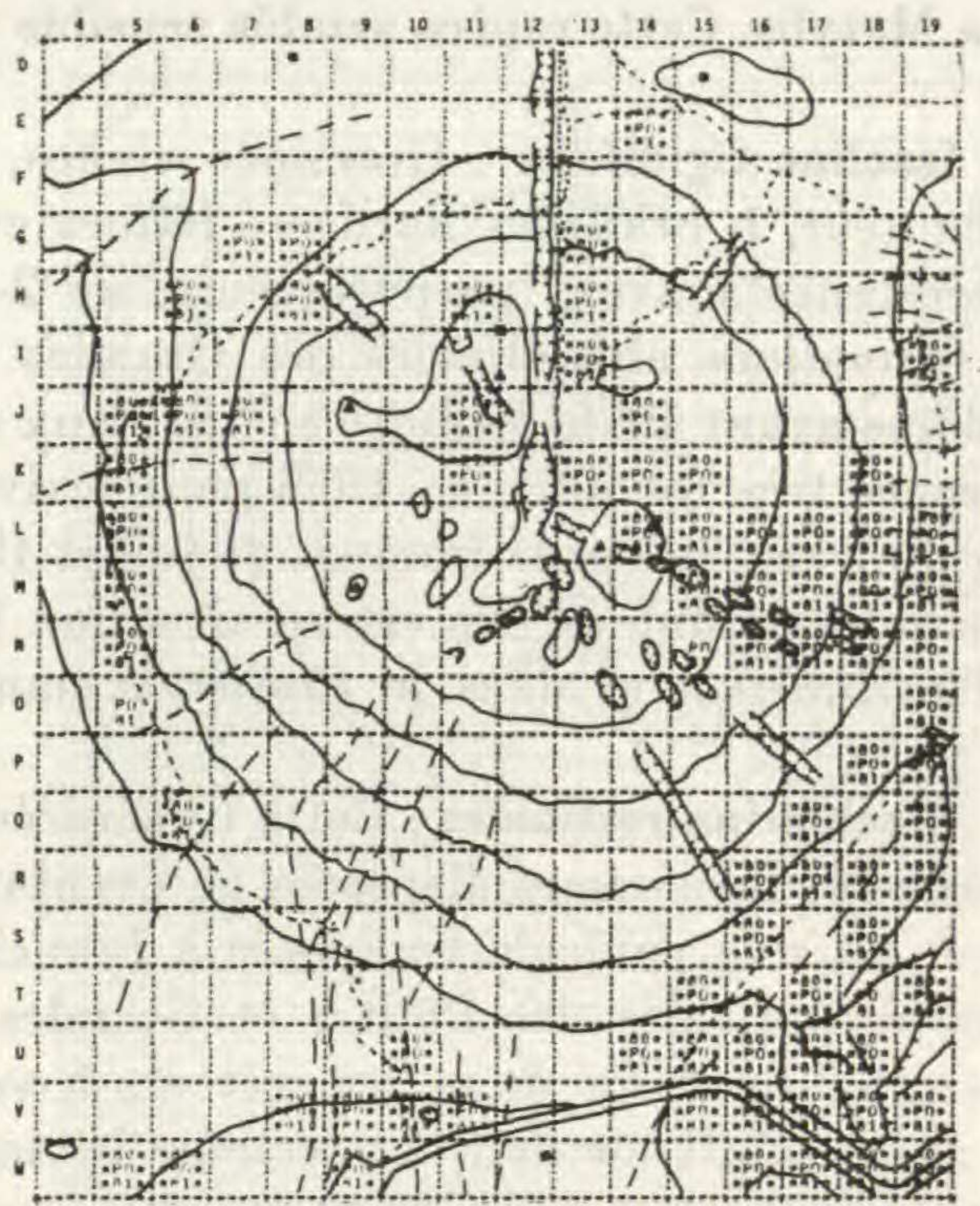
Gaultheria swartzii (= *G. sphagnicola* Rich.) : Sous-arbrisseau plus ou moins dressé de 5-60 cm à écorce grise ou noire, à petites feuilles (1-2,5 × 0,5-1,5 cm) cordiformes, coriaces, dentées, à fleurs rouges, à fruits pulpeux violet-noirâtres et comestibles à maturité. Espèce confinée sur les sommets de la Soufrière et de la Montagne Pelée. Après l'éruption de cette dernière en 1929-30 STEHLÉ (1938) avait noté l'extraordinaire pouvoir colonisateur de cette espèce. En effet, avec les Lycopodes elle constitue actuellement l'essentiel de la végétation des aiguilles de 1902 et de 1929-30.

Sur la Soufrière *G. swartzii* vivait sur le plateau sommital rarement au-dessous de 1300 m, souvent en association avec les Sphaignes. En 1976-77, ses populations fortement réduites se cantonnaient le long de la Fente du Nord et de l'Éboulement Faujas. En octobre 1977, quelques populations fugaces furent aperçues près du col de l'Échelle. En 1979, son aire comprenait tout le secteur très touché du plateau sommital et commençait à s'étendre sur le talus longeant le Chemin des Dames. Il faut noter le rôle important de ce dernier dans le processus de la reconquête de la végétation. Jouant le rôle de microfalaise, il a subi moins qu'ailleurs l'effet néfaste des boues et des gaz, ce qui a permis une relative protection pour certaines espèces de petite taille (Bryophytes). De plus le lessivage du sol y a été plus actif que dans les régions avoisinantes permettant ainsi d'avoir un pH favorable à une meilleure reprise de la végétation, ce dont ont profité les nouvelles populations de *G. swartzii* et de *Sphagnum*.

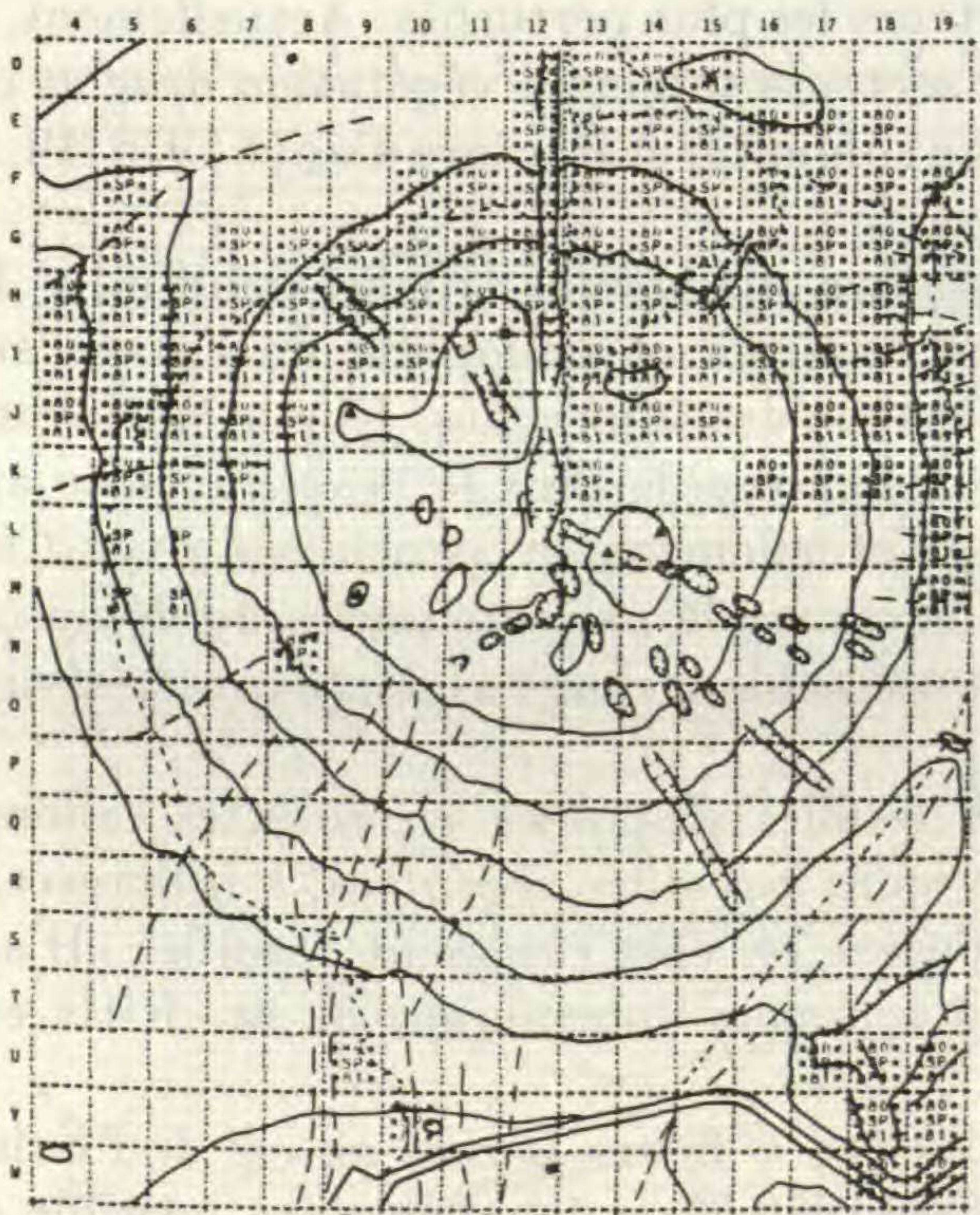
L'aire actuelle de *G. swartzii* s'étend jusqu'au transect 2, c'est-à-dire en zone totalement détruite (comme les sphaignes), jusqu'à une altitude de 1250 m (Pl. 4d). Quelques



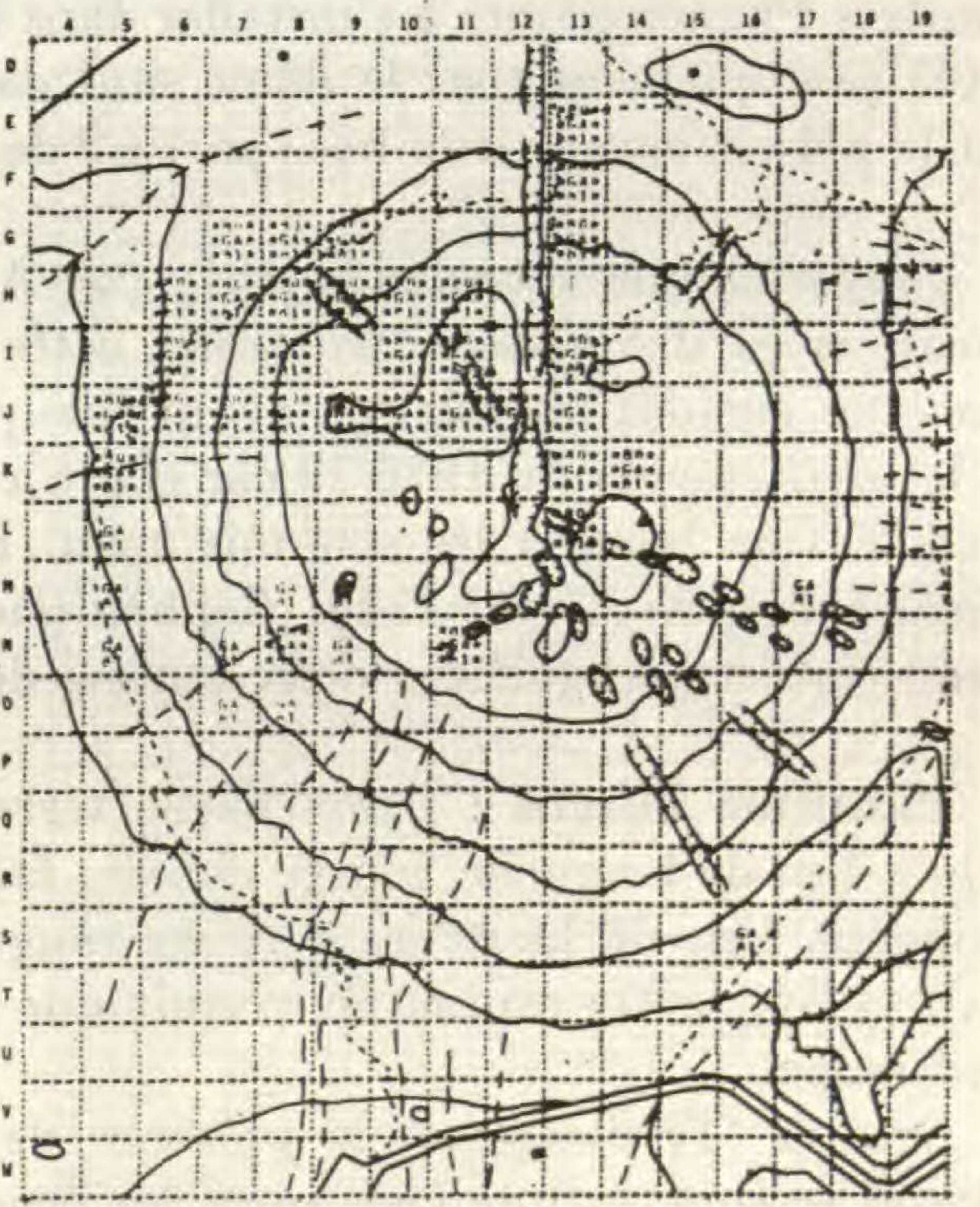
a



b



c



d

Pl. 4. — Répartition sur le dôme de la Soufrière de : a, *Ischæmum latifolium* ; b, *Pogonatum tortile* ; c, *Sphagnum* spp. ; d, *Gaultheria swartzii*. Dans les mailles où le taxon est présent, figure, outre son sigle, l'année de son observation (80 pour 1980, 81 pour 1981).

populations (fugaces ?) s'observent le long de la fracture de juillet 1976 et dans la vallée de la Matylis. Cette espèce semble sensible aux vents.

Isachne rigidifolia : Graminée vivace, à chaume étalé ou érigé, ramifié de 10-40 cm de hauteur, à branches florifères fermes et rigides, à feuilles rigides à pointe piquante, à inflorescence souvent purpurascence, de 2-5 cm de longueur. Cette espèce caractéristique des formations altitudinales des Grandes et Petites Antilles, se trouvait sur l'ensemble du dôme avant 1976. Réduite en 1977 aux zones intactes et peu touchées, son aire occupait les zones très touchées en 1979 pour arriver actuellement en zone totalement détruite le long du transect 2 et la fracture de juillet 1976 (Pl. 5a). Peu sensible aux vents, cette espèce se maintient tant qu'elle est en situation héliophile, ce qui explique son abondance dans le *Pitcairnieta* et dans le *Clusietum* nanifié typique des zones situées près des crêtes.

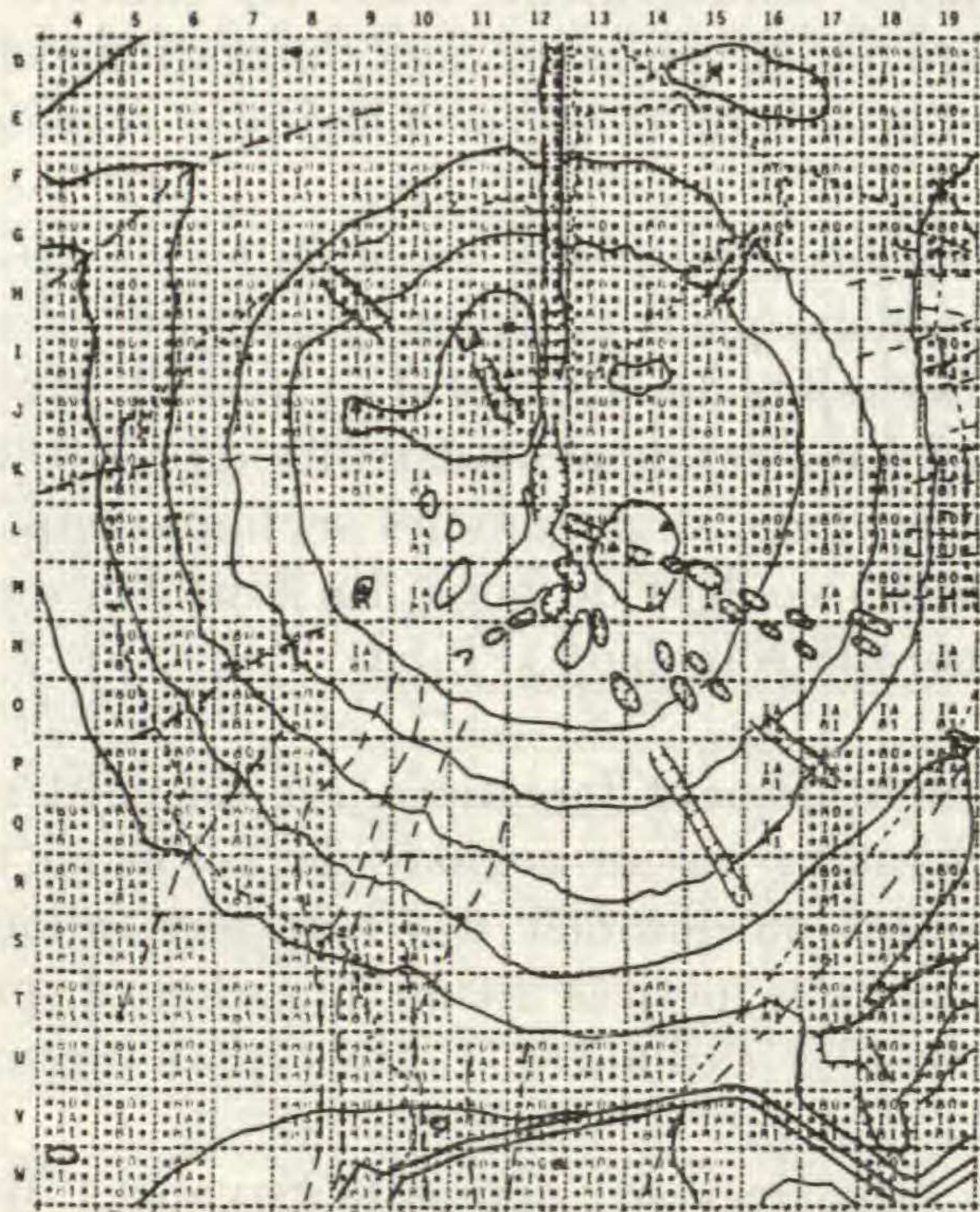
Machærina restioides : Cette Cypéacée ressemble plutôt à une Iridacée par ses feuilles légèrement falciformes disposées en éventail au ras du sol. Son inflorescence, haute de 10-60 cm est une panicule composée à branches un peu flexueuses. Cette espèce des formations altitudinales des Petites et Grandes Antilles, nettement pionnière, se trouvait sur l'ensemble du dôme dans des secteurs à végétation lâche. Après les éruptions de 1976-77, elle s'est maintenue dans les secteurs les moins touchés de la Savane à Mulets d'où elle est partie rapidement à la conquête des zones très touchées puis complètement détruites. Elle semble supporter un pH plus bas qu'*I. latifolium*, ce qui explique qu'elle soit l'une des premières Phanérogames à s'installer dans les secteurs les plus perturbés. Actuellement, elle couvre pratiquement tout le dôme sauf dans les secteurs intacts à végétation drue et ceux dont le pH est encore trop bas : partie S du plateau sommital et fracture d'août 1976 (Pl. 5b).

Jungermannia succulenta Rich. (= *Apotomanthus succulentus* (Rich.) Schiffn.) : Jungermanniacée d'Amérique tropicale, cette espèce terricole et héliophile de l'étage supérieur était surtout abondante, avant l'éruption, autour des fumerolles. Elle a été favorisée par les événements de 1976-77 car elle a colonisé assez rapidement la croûte formée après les coulées de boue et les sols mis à nu (Pl. 5c). Actuellement en association avec *Cladopodiella intertexta* (Gott.) Fulg. (Céphaloziacée), elle couvre la majeure partie du dôme (sauf en zone intacte) auquel ces deux espèces donnent une couleur rouge-violacée caractéristique.

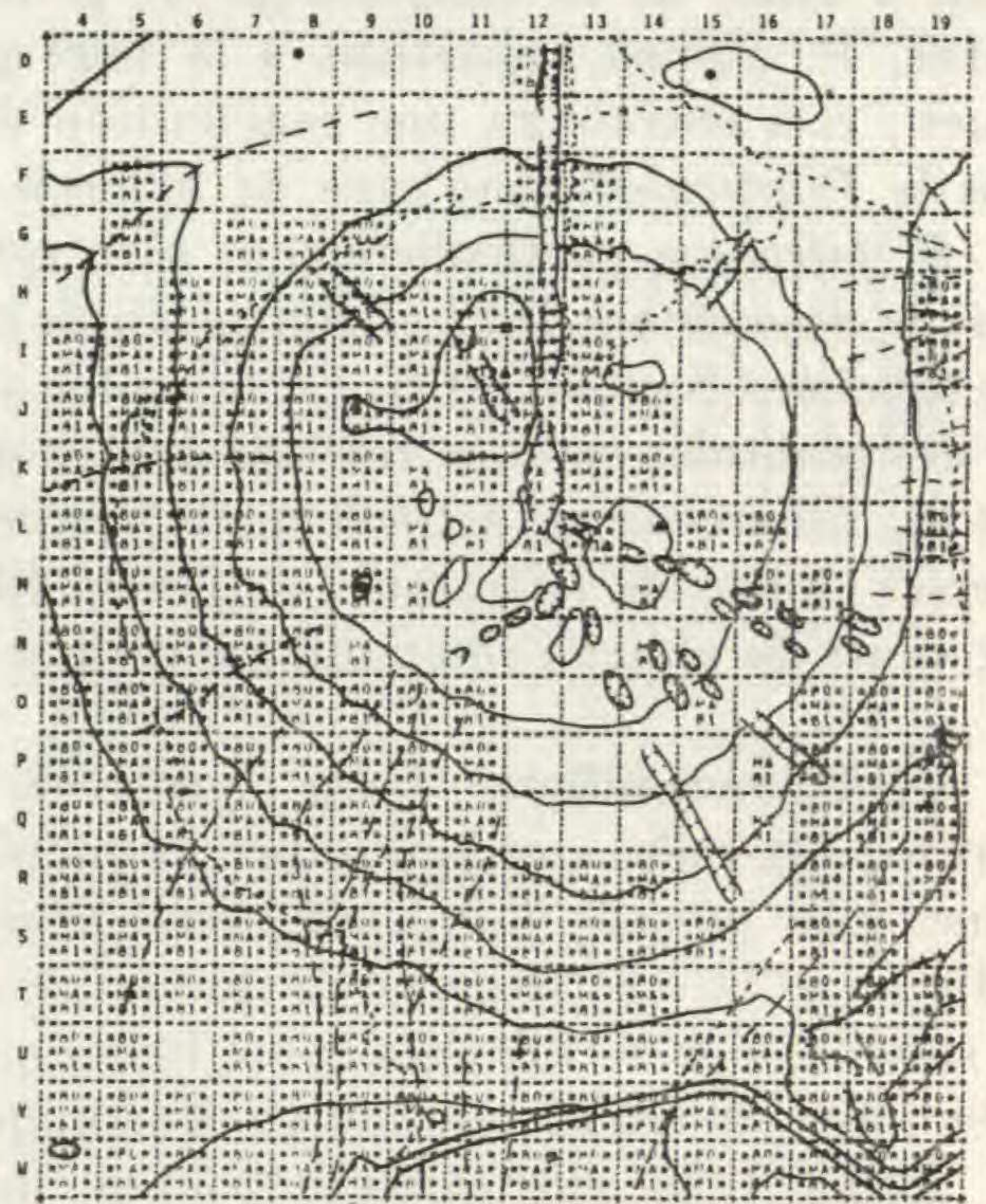
Pitcairnia bifrons : Broméliacée terrestre à feuilles disposées en rosettes, allongées jusqu'à 1 m de longueur, marge dentée, face inférieure à écailles argentées, à inflorescences atteignant 1 m de hauteur, à fleurs rouges disposées en épis rarement ramifiés. D'après READ (1970), cette espèce ne vivrait que sur les sommets volcaniques de St. Kitts et de Guadeloupe.

STEHLÉ (1958) signale la présence de populations à fleurs jaunes au col de l'Échelle. Celles-ci se sont maintenues après les éruptions de 1976-77 et il nous a été possible d'en observer d'autres entre l'Éboulement Faujas et la Fracture du Nord et au sommet de la Grande Découverte, montagne située au Nord du Carmichael le long de la Trace Victor Hugues.

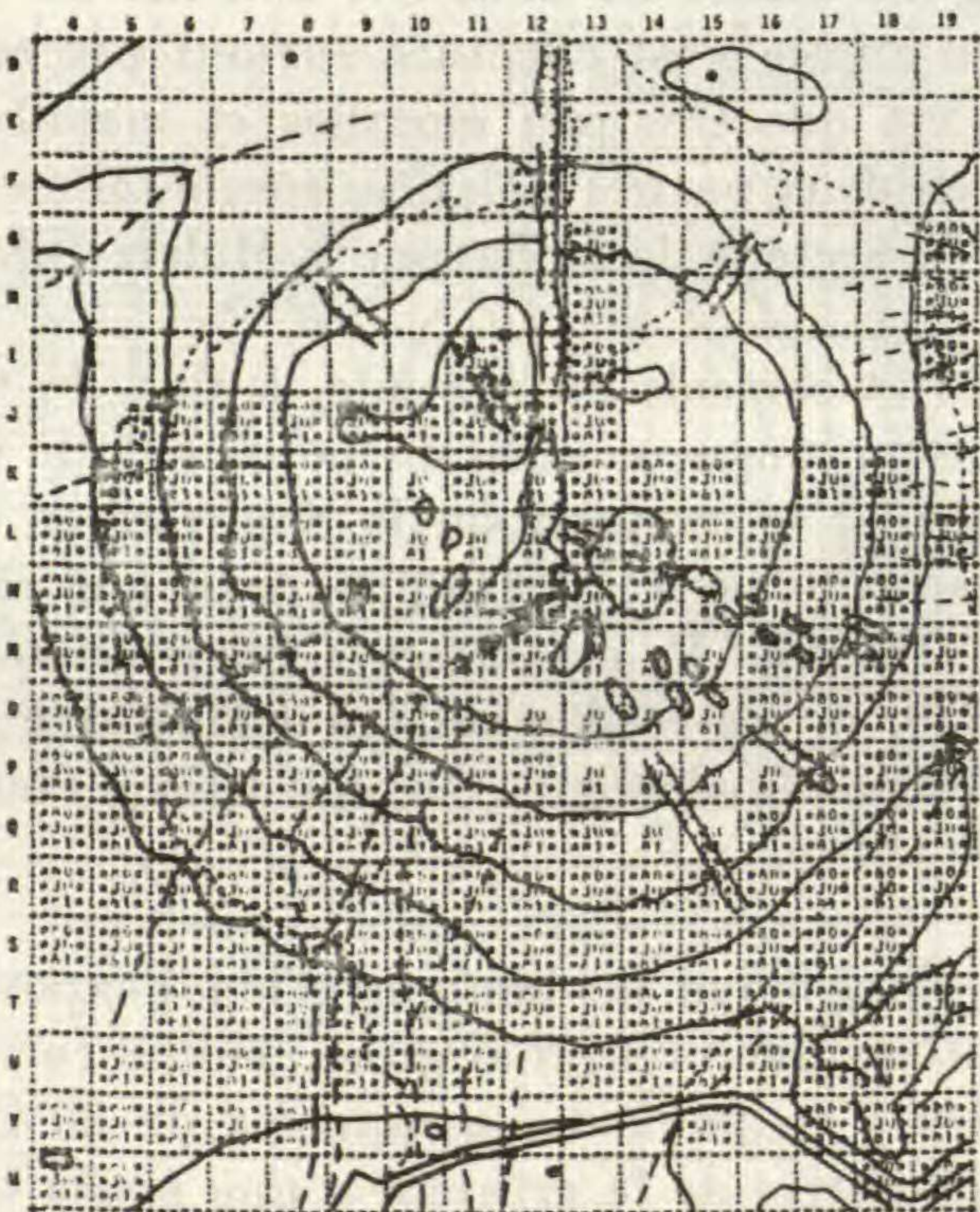
STEHLÉ (1935) a défini le *Pitcairnieta*, association végétale de crête à partir de *P. bifrons*. En réalité d'après nos observations, cette espèce ne serait climacique que dans



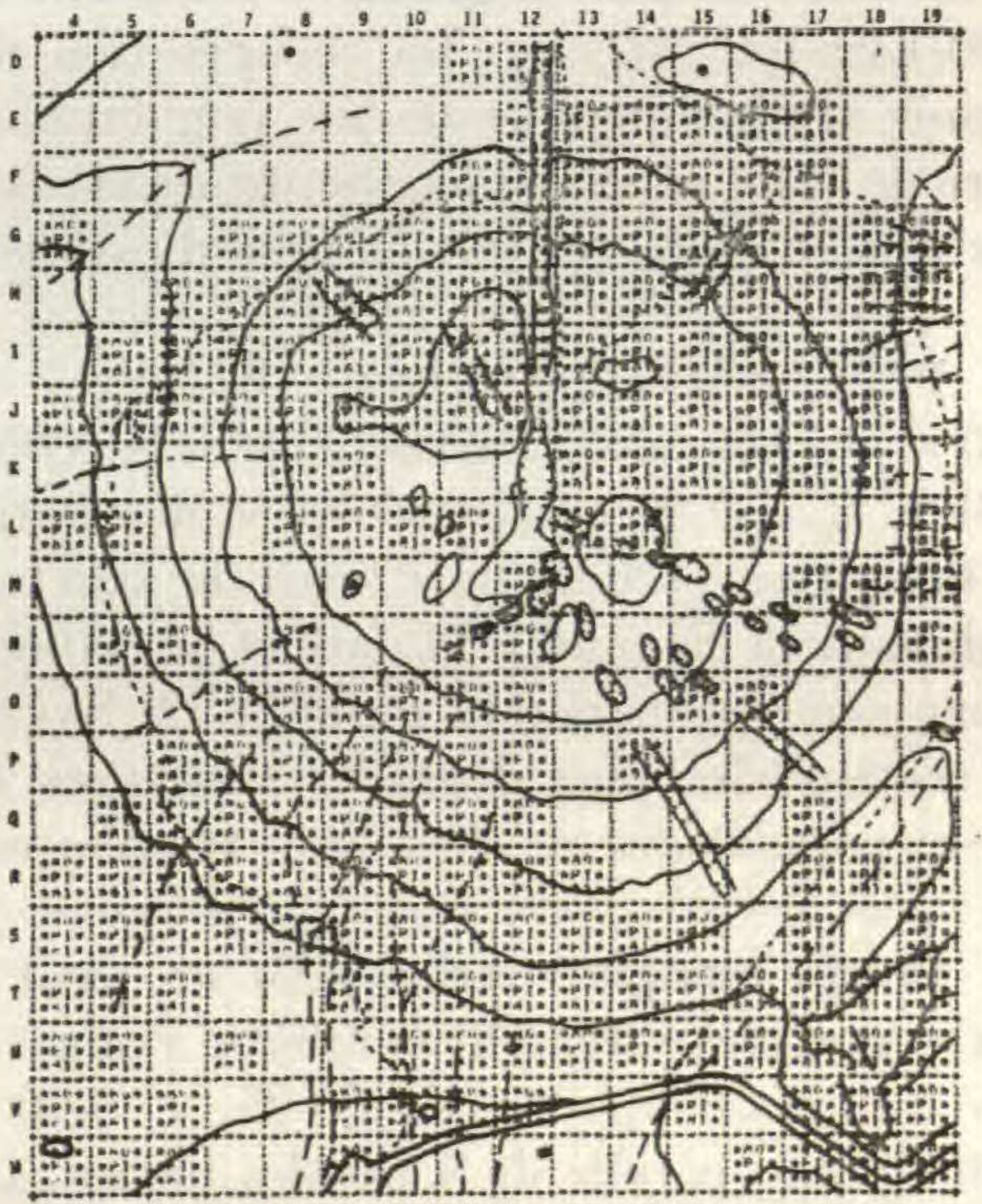
a



b



c



d

Pl. 5. — Répartition sur le dôme de la Soufrière de : a, *Isachne rigidifolia* ; b, *Machærina restioides* ; c, *Jungermannia succulenta* ; d, *Pitcairnia bifrons*. Dans les mailles où le taxon est présent, figure, outre son sigle, l'année de son observation (80 pour 1980, 81 pour 1981).

les falaises (Éboulement Faujas) ou dans des secteurs très en pente où *Guzmania plumieri*, à cause de sa morphologie ne peut s'installer durablement. Dans les endroits peu pentus, *P. bifrons* appartient à la flore pionnière et *G. plumieri* aux formations climaciques ; ceci entraînera une redéfinition des formations phytogéosociologiques regroupées dans le *Pitcairnietaum* au sens de STEHLÉ.

P. bifrons a particulièrement bien résisté aux manifestations volcaniques de 1976-77 puisque dès octobre 1977, il était possible d'observer des pieds en fleurs, y compris en zones très touchées (SASTRE, 1978). Cette espèce a émis des rejets dès 1978, il était possible d'observer des plantules en zone très touchée et même en zone totalement détruite en 1979 (transect 2). Elle recouvre actuellement presque tout le dôme, sauf dans les secteurs trop bouleversés : blocs de la fracture de juillet 1976, grosses coulées de boue du flanc W, secteur aux vents du plateau sommital balayé par la fumerolle Napoléon (Pl. 5d).

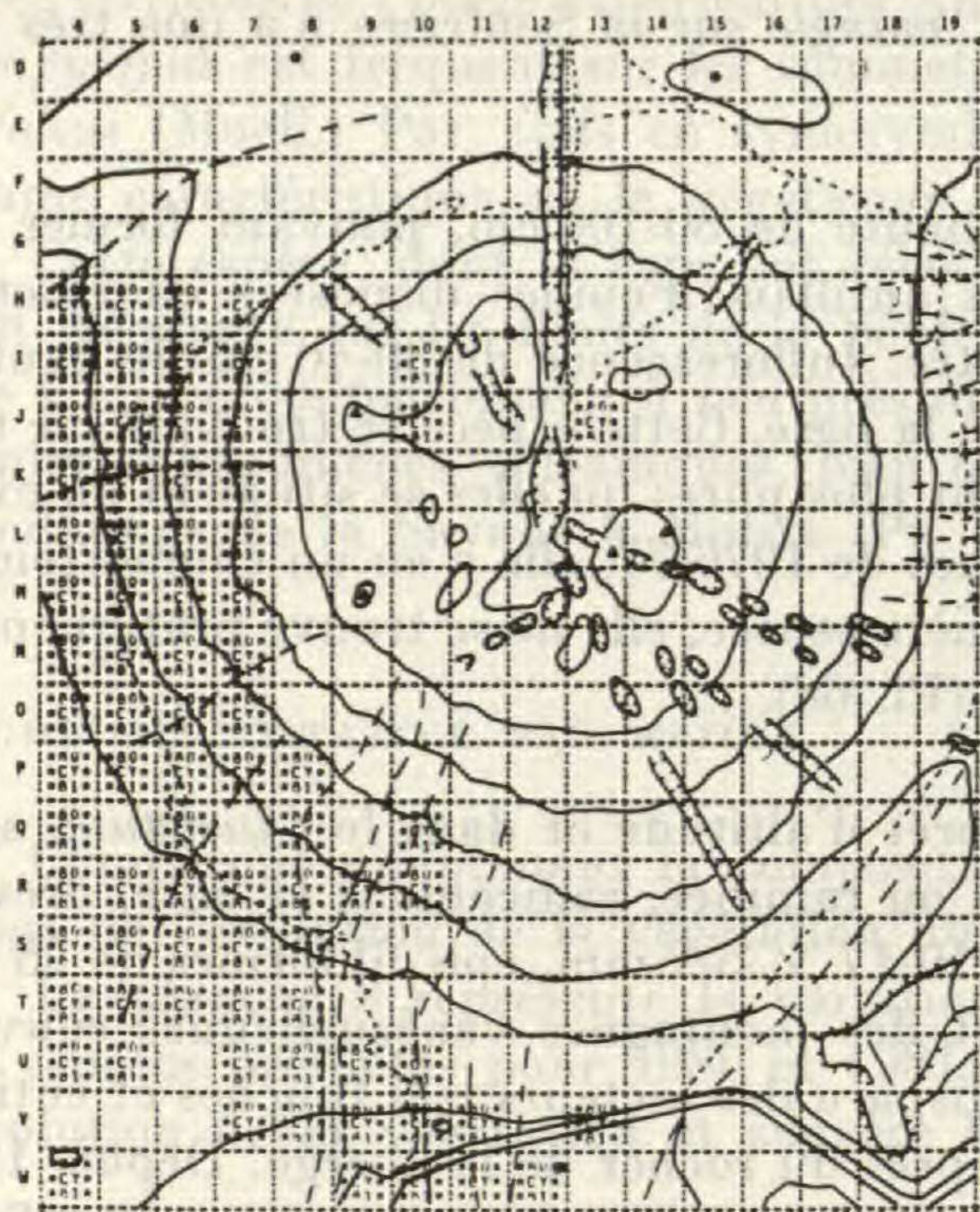
Cyrilla racemiflora : Cette Cyrillacée, fondamentalement forestière, est un petit arbre pouvant atteindre une quinzaine de mètres de hauteur ou un arbuste de 1-2 m en montagne. Elle possède des feuilles vert clair, groupées au sommet des rameaux, allongées (5-10 × 1-2,5 cm) à nervures finement réticulées, des petites fleurs blanches disposées en racèmes denses allongés, plus longs que les feuilles axillantes. Cette espèce circumcaribbe n'a jamais été récoltée en Martinique.

Avant 1976, elle couvrait tout le flanc W (sous le vent) depuis la Savane à Mulets jusqu'au plateau sommital. Elle n'a été éliminée par les événements de 1976-77 que dans les secteurs les plus dégradés, c'est-à-dire le long des lahars du flanc SW et entre les cotes 1300-1350 et 1450 m. La récupération de cette espèce s'est effectuée surtout par rejets. Depuis 1978, l'étendue de ses populations ne s'est que très peu modifiée et maintenant l'aire de cette espèce sur la Soufrière est scindée en deux parties : plateau sommital en zone très touchée sous le vent et base du dôme dans le secteur de la Savane à Mulets (Pl. 6a).

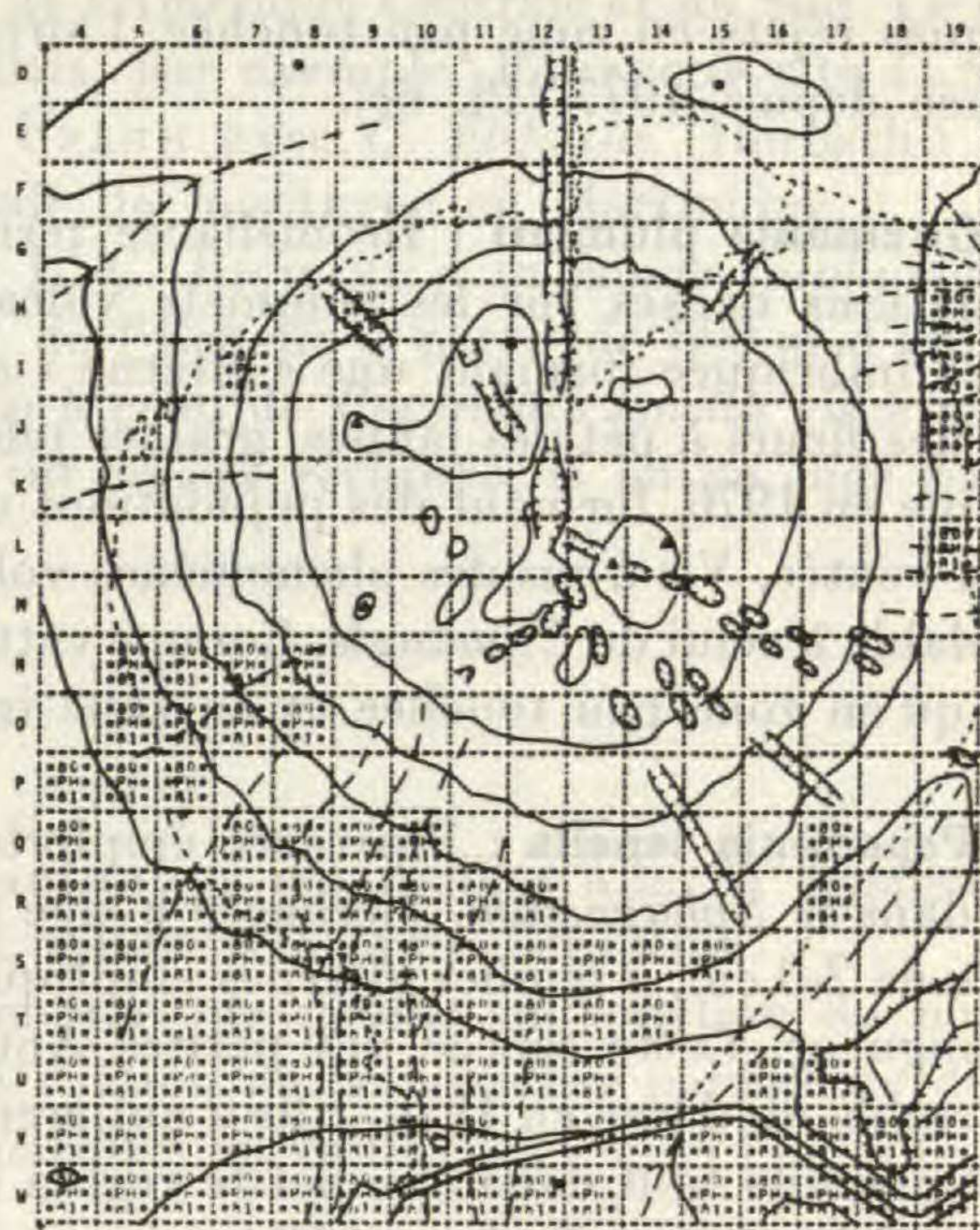
Philodendron giganteum : Épiphyte en forêt et saxicole en altitude, à tige de 0,50-2,50 m de longueur, à gros pétiole de 0,60-1,50 m de longueur et limbe cordé-ové de 0,50-1,20 × 0,35-0,90 m. Cette espèce des Petites Antilles se trouvait sur la Soufrière en forêt de transition et dans le *Clusietum* strictement sous le vent, c'est-à-dire dans une région englobant la Savane à Mulets et la vallée de la Matylis. *P. giganteum* a bien résisté aux phénomènes volcaniques de 1976-77 (SASTRE, 1978) et n'a réellement été détruit que dans les secteurs les plus dégradés (fractures de 1976 principalement). Depuis 1978, l'étendue de ses populations ne s'est que très peu modifiée (Pl. 6b).

Clusia mangle : Arbrisseau ou petit arbre de 1-3,5 m de hauteur selon l'exposition aux vents, très rarement épiphyte, racines adventives nombreuses arquées, feuilles coriaces, très épaisses, opposées de 10-25 × 8-20 cm, fleurs en panicules terminales de 30-40 cm de longueur, corolle de 4 pétales blancs, fruits jaunâtres de la grosseur d'une petite olive.

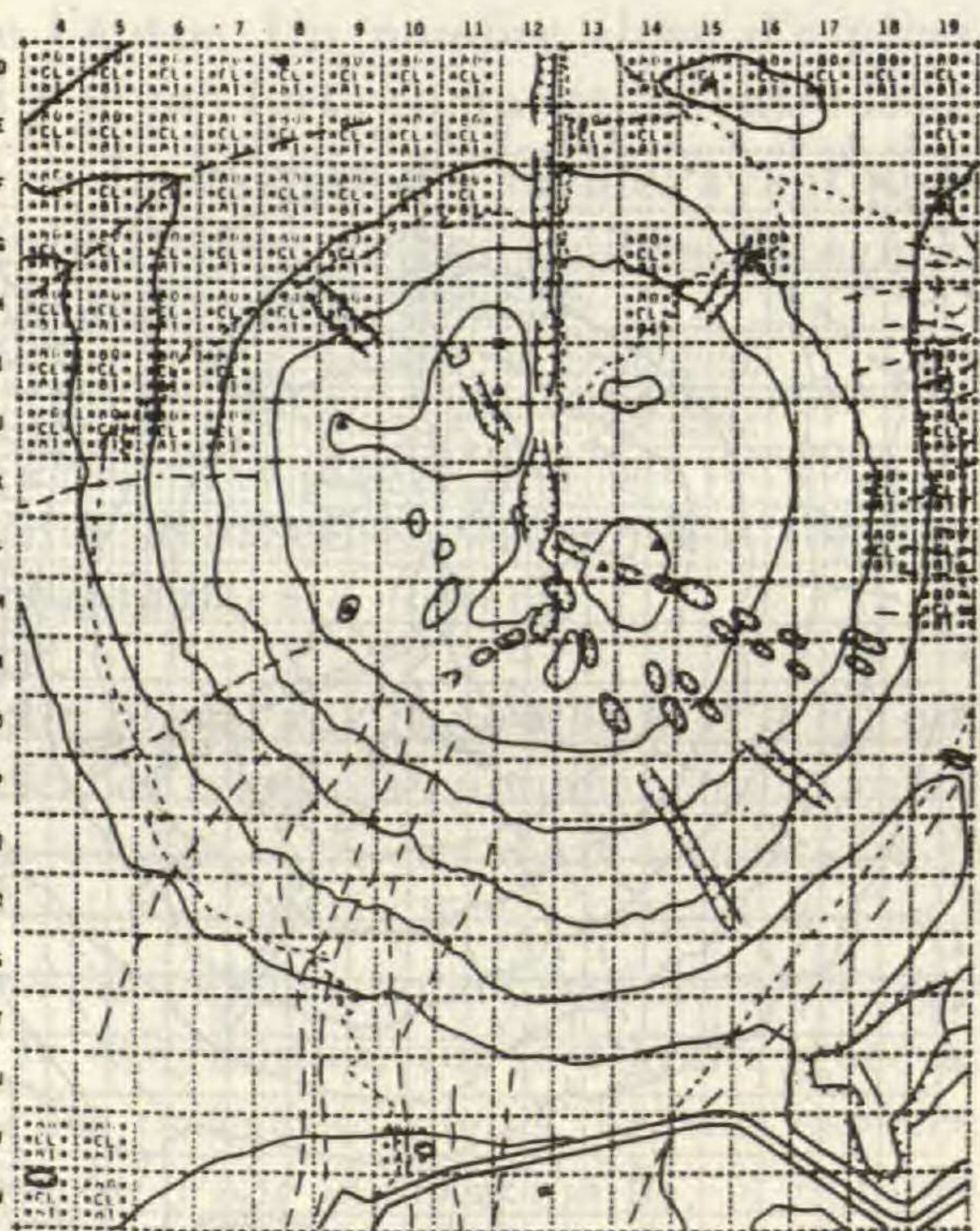
Cette espèce des Petites Antilles (Guadeloupe, Dominique et Martinique) est caractéristique du *Clusietum* défini par STEHLÉ en 1935. Elle recouvrait tout le dôme des secteurs sous le vent depuis la Fracture du Nord jusqu'à la vallée de la Matylis. Elle a été éliminée en 1976-77 des secteurs entièrement détruits et très touchés à l'exception du rocher de la Vierge situé près du parking de la Savane à Mulets, où un seul pied est resté vivant. Cette



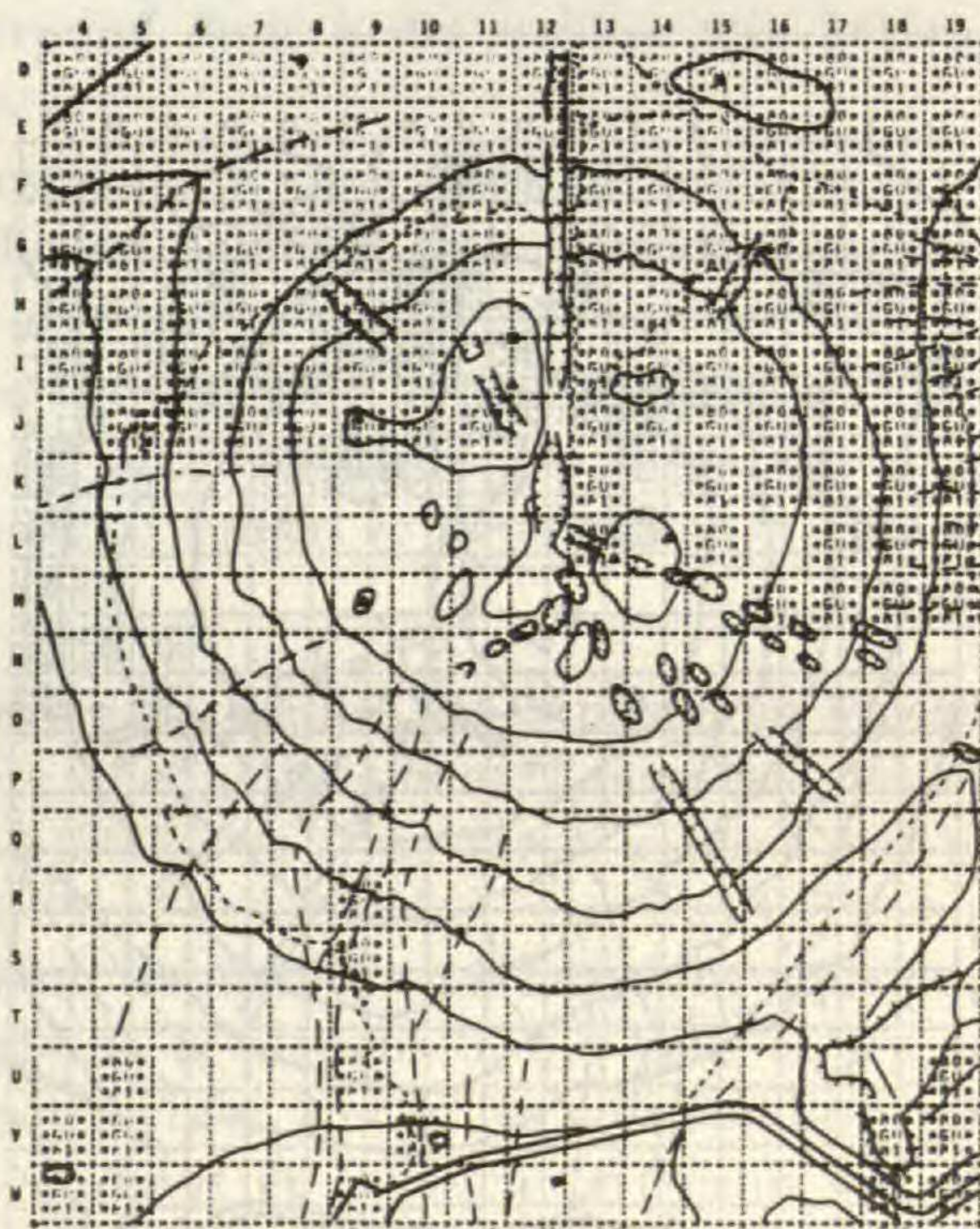
a



b



c



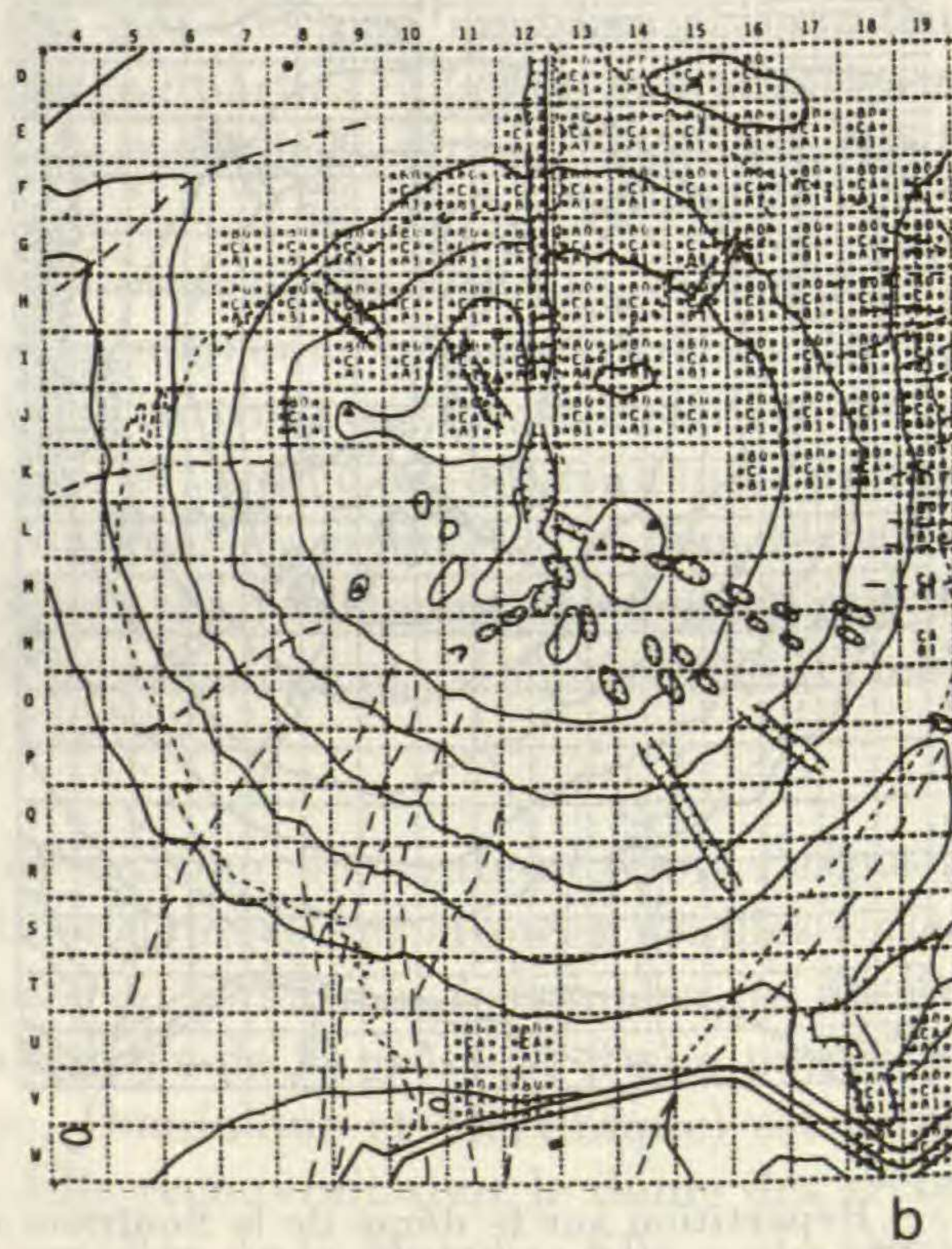
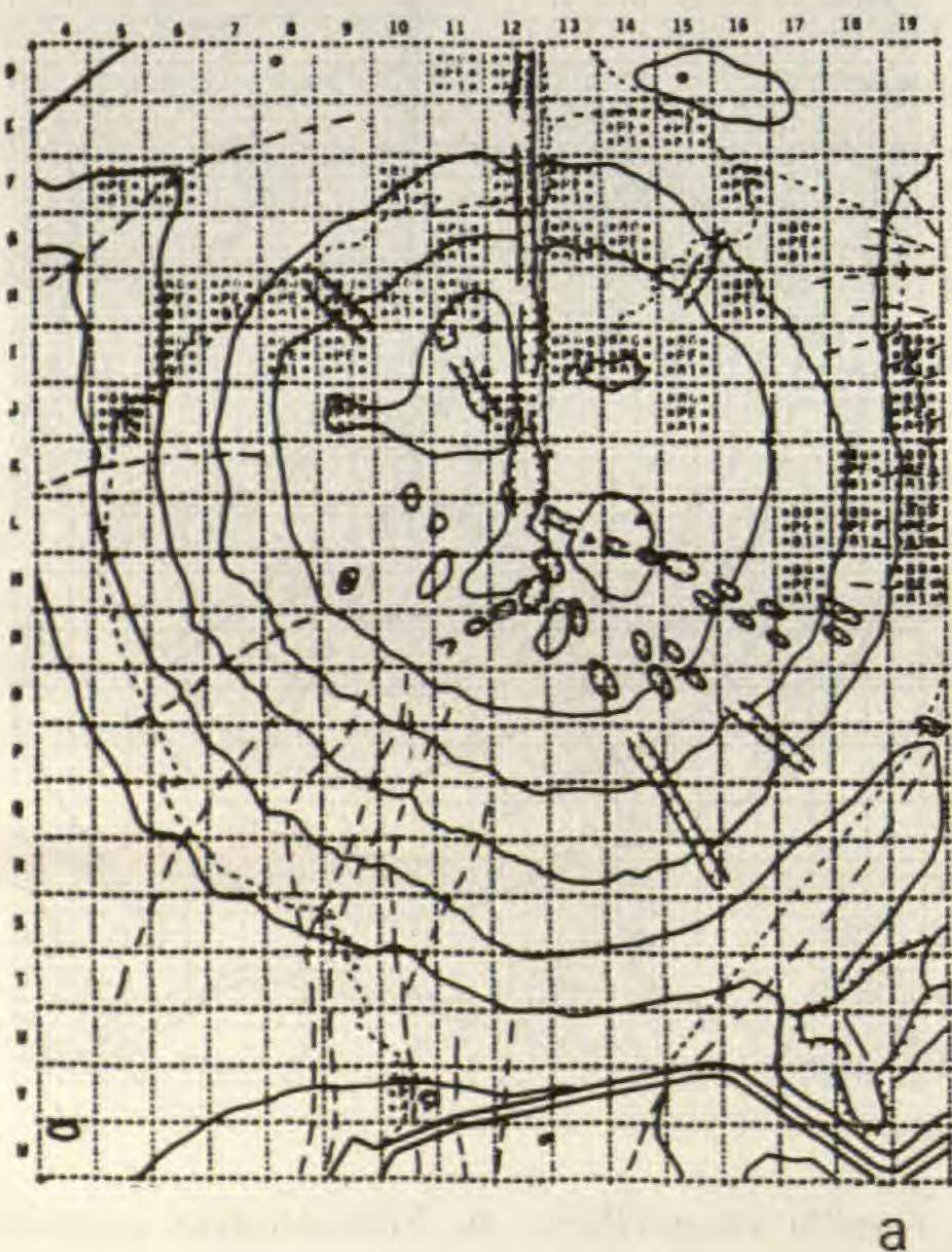
d

Pl. 6. — Répartition sur le dôme de la Soufrière de : a, *Cyrilla racemiflora* ; b, *Philodendron giganteum* ; c, *Clusia mangle* ; d, *Guzmania plumieri*. Dans les mailles où le taxon est présent, figure, outre son sigle, l'année de son observation (80 pour 1980, 81 pour 1981).

espèce est caractéristique des secteurs intacts et peu touchés. Mise à part l'émission de quelques rejets en zone peu touchée, l'aire de *C. mangle* sur la Soufrière n'a que très peu évoluée depuis 1977 (Pl. 6c).

Guzmania plumieri : Broméliacée terrestre haute de 80-100 cm, pouvant former des populations denses sur les sommets volcaniques antillais. Feuilles disposées en rosettes, à base imbriquée formant une « citerne » au centre. Inflorescence de 30-40 cm de hauteur avec des fleurs à pétales jaunes, graines pileuses à la base. Cette espèce se trouvait sur tout le dôme en 1976, formant des populations d'autant plus pures qu'elles se situaient en exposition ventée. Vis à vis des phénomènes volcaniques de 1976-77, elle a eu un comportement semblable à celui de *C. mangle*. Comme cette dernière espèce, elle ne se trouve pratiquement plus qu'en zone peu touchée et en zone intacte (Pl. 6d).

Peperomia tenella : Pipéracée épiphyte en forêt d'altitude et dans le *Clusietum*, saxicole dans le *Sphagnetum*. Herbacée à tige simple ou ramifiée, radicante à la base, dressée, haute de 2-3 cm, à feuilles alternes elliptiques de 10-17 × 5-7 mm, épis filiformes de 25 mm de longueur. Cette espèce des petites Antilles et des montagnes vénézuéliennes couvrait l'ensemble du dôme en 1976. Elle a entièrement disparu des secteurs très touchés et entièrement détruits sauf dans une petite région située près du rocher de la Vierge. Depuis 1977, l'effectif de ses populations a légèrement augmenté à la suite de l'envahissement du *Sphagnetum* dans les zones peu touchées (Pl. 7a).



Pl. 7. — Répartition sur le dôme de la Soufrière : de **a**, *Peperomia tenella* ; **b**, *Campylopus richardii*. Dans les mailles où le taxon est présent, figure, outre son sigle, l'année de son observation (80 pour 1980, 81 pour 1981).

Campylopus richardii Brid. (= *Thysanomitrium richardii* (Brid.) Schwagr.) : Dicranacée terricole de l'étage supérieur des Antilles, de l'Amérique Centrale et du Sud. Le genre *Campylopus* est fréquent sur les sommets antillais, par exemple, PORTECOP cite *C. nanofilifolius* (Muell.) Par. (mis en synonymie par FRAHM avec *C. filifolius* (Hornsch.) Mitt) comme caractéristique de la végétation tropicale de montagne en Martinique.

Cette espèce, dont le type fut récolté par L. C. RICHARD « *in monte sulphurifero* », était fréquente sur les flancs de la Soufrière et de l'Échelle à partir de 600 m d'altitude. Elle a eu un comportement à peu près identique à celui de *Peperomia tenella* vis à vis des derniers phénomènes volcaniques, bien qu'elle ait mieux récupéré, si on en juge par ses populations de la Savane à Mulets (Pl. 7b).

ÉTUDE QUANTITATIVE PAR MAILLE

Comparons maintenant la composition quantitative des mailles afin de dégager une image de l'évolution de la végétation du dôme, quatre ans après l'éruption.

La planche 8 représente la variation du nombre de mailles en fonction du nombre des espèces présentes pour 1980 et 1981. L'observation de ces courbes permet de décrire l'évolution de la végétation et suggère les remarques suivantes :

— Il y a au maximum 11 espèces par maille sur les 14 retenues. Le choix ayant porté sur des espèces représentant des milieux différents explique que certaines espèces s'excluent l'une l'autre. Un nombre élevé d'espèces correspond donc à des mailles très hétérogènes où il y a une forte compétition entre les espèces.

— Le nombre des mailles ayant plus de 4 espèces ne varie pas significativement d'une année à l'autre, ce qui montre l'absence d'évolution pendant cette période dans la végétation déjà établie.

— Par contre c'est dans les zones où la végétation était la plus détruite que la récupération est la plus active car de 1980 à 1981, les mailles sans espèce disparaissent, celles à une ou deux espèces diminuent tandis que corrélativement le nombre des mailles à trois espèces augmente fortement.

En observant la courbe *b* (Pl. 8), où le nombre de mailles est exprimé en fonction de fréquences relatives cumulées, on se rend compte que, globalement, l'ensemble des mailles a peu évolué entre ces deux années. La médiane (50 %) se situe vers 4 espèces par maille, le premier quartile (25 %) entre 2 et 3 espèces, le 3^e quartile (75 %) entre 5 et 6. Nous avons utilisé ces valeurs pour procéder à un regroupement de mailles en 3 lots dont nous pouvons voir la distribution sur le terrain grâce à la carte de la planche 9. Sur celle-ci, les mailles blanches possèdent moins de trois espèces, les grises entre 3 et 5, les plus sombres, plus de 5 espèces. Pour chaque maille, le nombre situé en haut et à gauche est celui des espèces présentes en 1980, le chiffre de droite indique le nombre d'espèces supplémentaires en 1981.

Sur cette carte, nous observons :

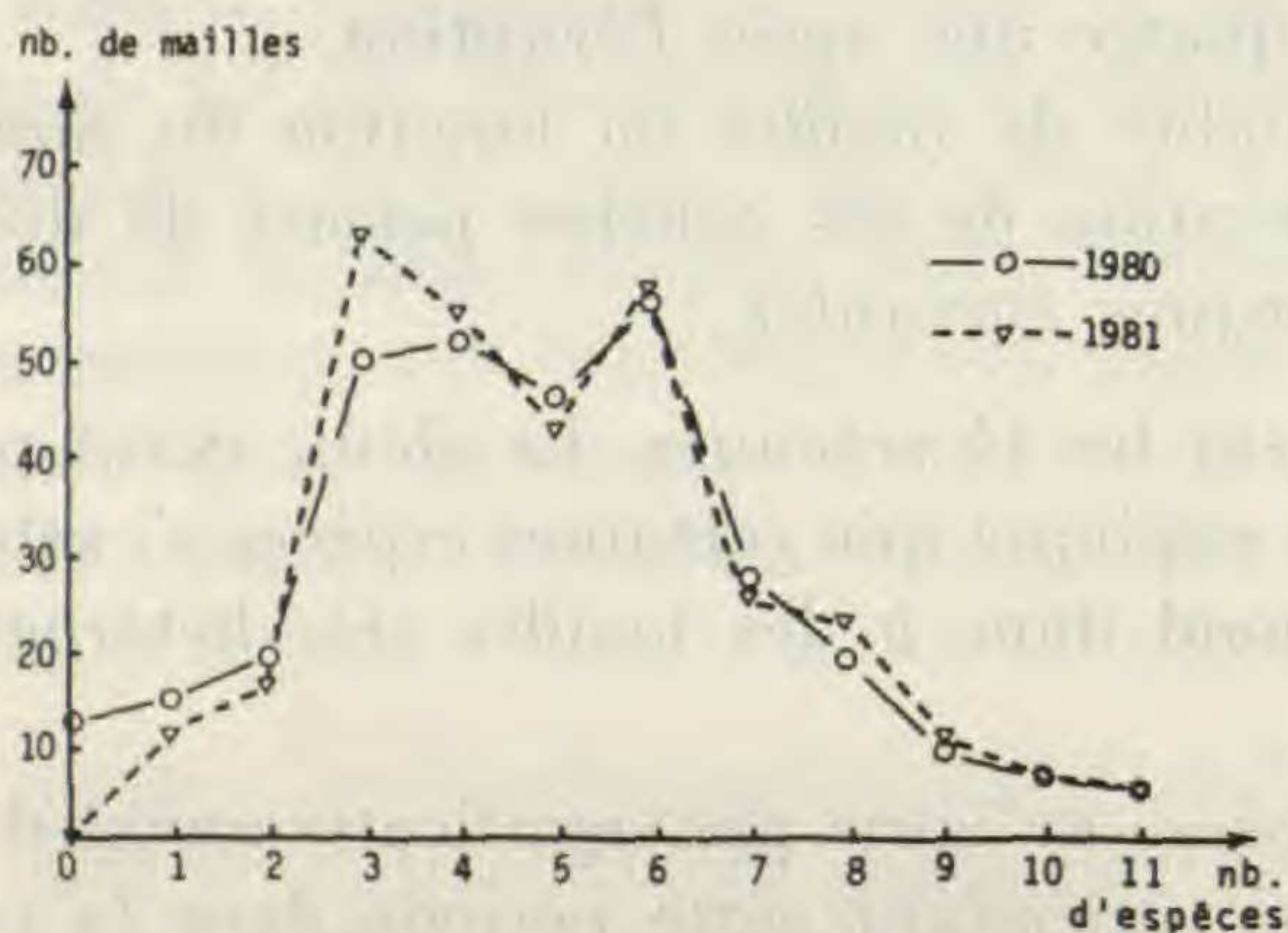
a) Vers le centre, une plage blanche orientée NW-SE avec les fractures de 1976, le cratère Napoléon, le goufre Dupuy et le Jardin L'Herminier. Cela correspond dans le sec-

teur totalement détruit à un sous-secteur dont la végétation n'a montré que quelques signes de récupération seulement en 1980, grâce presque exclusivement à des Cryptogames. Parmi ces dernières *Jungermannia succulenta* a joué un rôle important. Localement elle est accompagnée depuis 1981 par quelques pieds isolés de *Machærina restioides*.

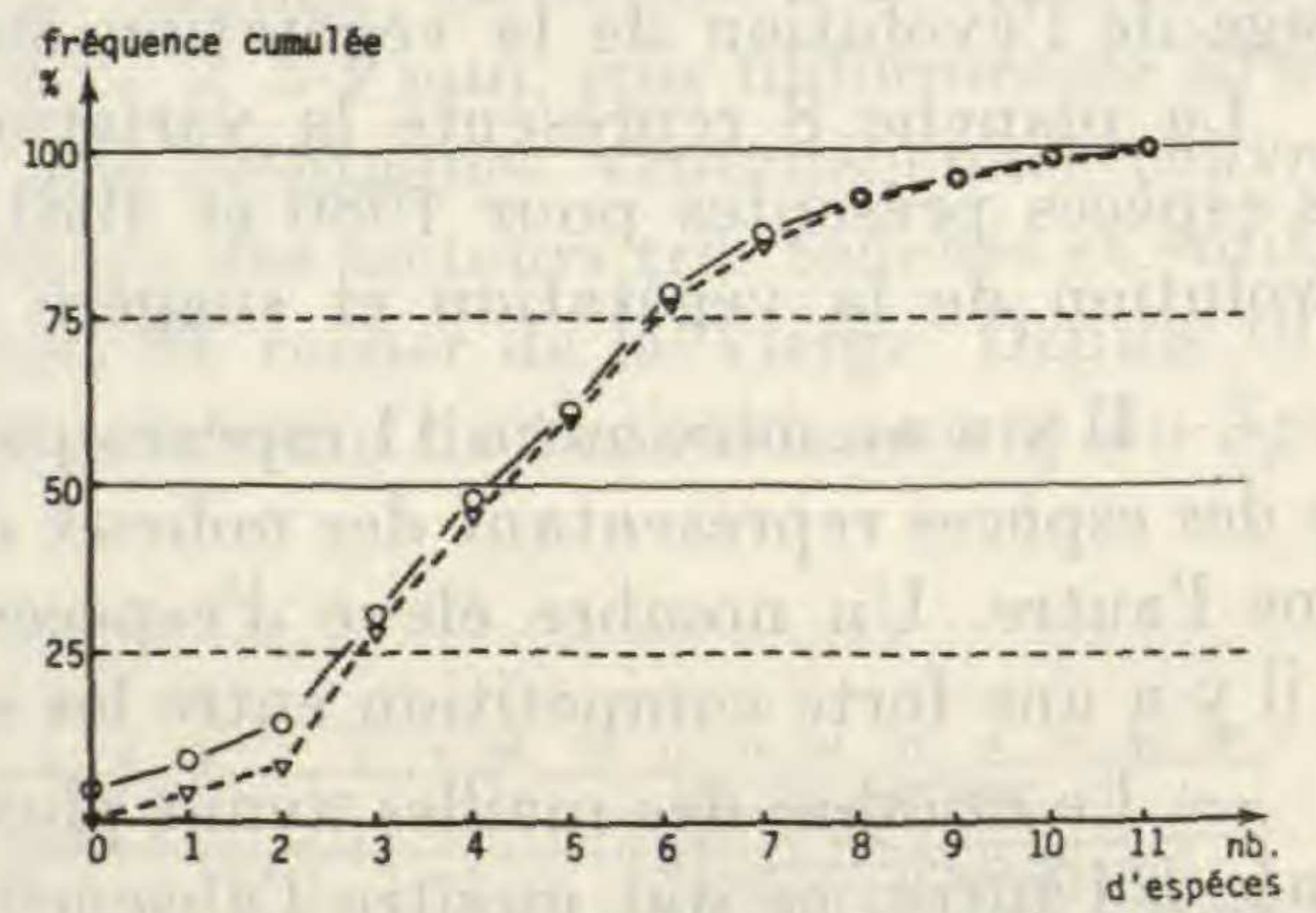
b) Par rapport à cette zone, un secteur périphérique à 3-5 espèces particulièrement étendu vers la vallée de la Matylis. Il correspond dans la zone totalement détruite à un 2^e sous-secteur qui a été moins dégradé que le premier ; de nombreux végétaux s'y sont maintenus et ont émis de nombreux rejets (*Philodendron*, *Pitcairnia*) tandis que d'autres s'y sont rapidement installés à partir de diaspores.

La différence de reprise de la végétation dans la zone totalement détruite a permis de révéler deux sous-secteurs inégalement touchés.

c) Vers le Nord, 3 autres secteurs à 3-5 espèces : le Morne Amic, la partie située au N de la Piste de l'Est et les sources du Carbet.



a



b

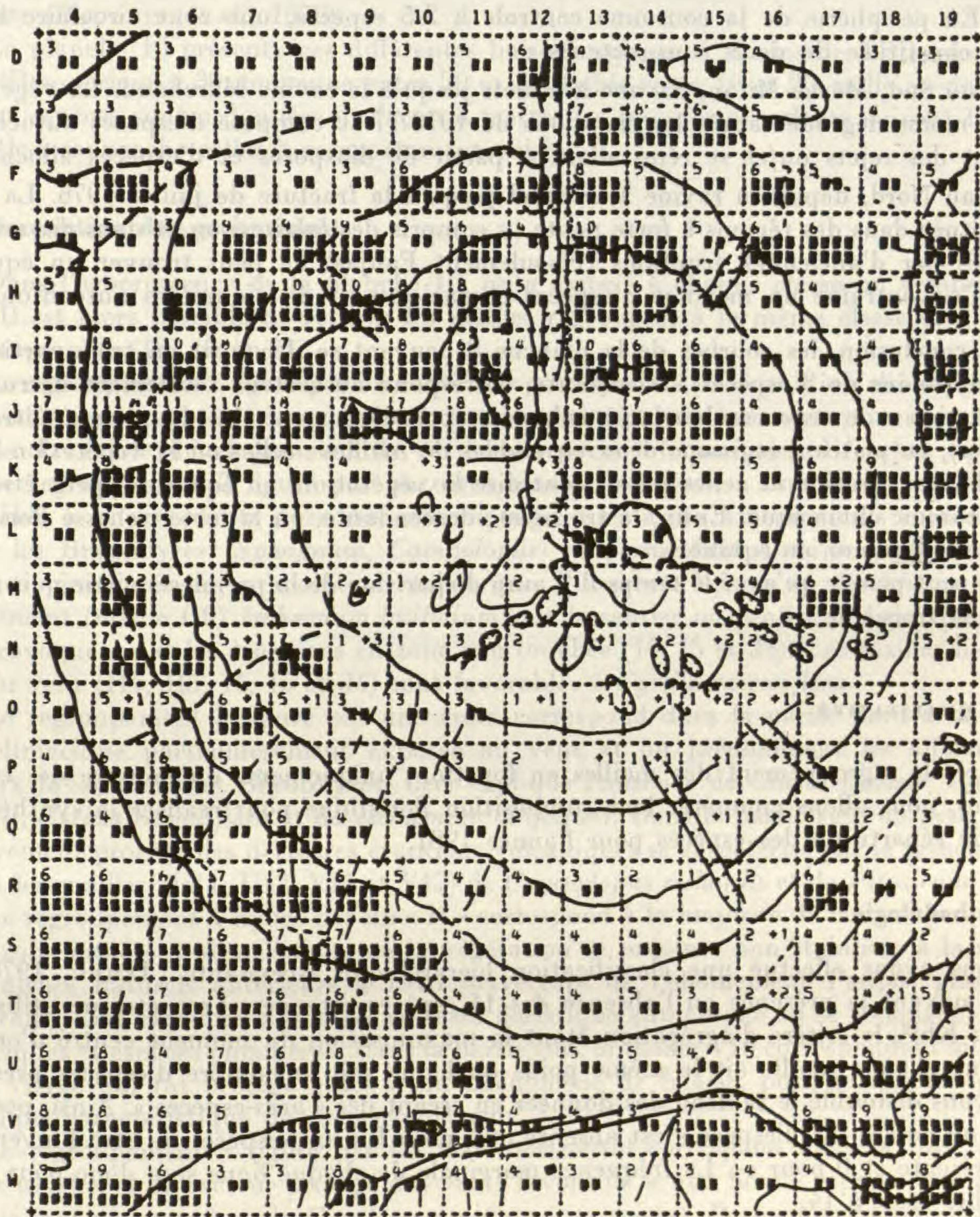
Pl. 8. — Comparaison entre 1980 et 1981 de la distribution du nombre des mailles, exprimé par la fréquence absolue (a) et par la fréquence relative cumulée (b), en fonction du nombre d'espèces présentes.

Si nous observons les cartes de distribution spécifique, nous remarquons que la composition floristique de ces secteurs, fondamentalement différente de la zone centrale, comprend principalement des espèces climaciques.

Floristiquement, ils montrent quelques variantes liées sûrement à l'exposition aux vents. Sur le Morne Amic, crête au vent et au N de la Piste de l'Est, *Guzmania plumieri* domine. Les pieds de *Clusia mangle* y sont rabougris et même absents au Nord de la piste de l'Est, ce qui permet le maintien dans ces secteurs exposés au vent, d'*Isachne rigidifolia*.

Au niveau des sources du Carbet, la situation change car nous nous trouvons non sur une crête, mais sur une pente. Au dessous de 1250 m, la situation relativement abritée des vents favorise une végétation haute (2-3 m), arbustive, défavorable à *Isachne rigidifolia*. Au-dessus de 1250 m, les formations à *Clusia* sont relayées par celles à *Didymopanax attenuatus*, plus basses mais aussi touffues, donc aussi défavorables à *I. rigidifolia*. Ceci explique donc l'absence de cette espèce dans le secteur des sources du Carbet.

Les espaces à roches affleurantes sont habités principalement par des Bryophytes



Pl. 9. — Répartition sur le dôme des mailles regroupées suivant leur nombre d'espèces en 1980. Dans les mailles ayant plus de 6 espèces figurent 8 points noirs ; dans celles ayant entre 5 et 3 espèces, 2 points noirs ; celles ayant moins de 3 espèces sont vides. En haut à gauche de chaque maille est indiqué le nombre d'espèces en 1980, suivi, éventuellement, du nombre des espèces apparues en 1981.

dont *Campylopus richardii* et *Sphagnum spp.* souvent associées à *Pitcairnia bifrons* et localement à *Peperomia tenella*.

d) En périphérie de la couronne centrale à 2-5 espèces, une zone circulaire à 6-11 espèces constituée de deux sous-secteurs :

— au Sud, Morne Mitan, Savane à Mulets jusqu'à la ravine Marchand. La végétation plus ou moins dégradée après les éruptions de 1976-77 se compose d'espèces autochtones émettant des rejets ou/et se réinstallant à partir de diaspores et d'espèces allochtones.

— au Nord, depuis la ravine Marchand jusqu'à la fracture de juillet 1976. La végétation située dans des régions à forte pente (y compris des falaises) ou/et dans des secteurs intéressés par d'anciennes éruptions (Éboulement Faujas) ne peut trouver un équilibre stable. Ceci entraîne un mélange d'espèces climaciques et de pionnières autochtones.

En conclusion, les courbes de la planche 8 peuvent se découper en trois parties. La première (moins de 3 espèces), ascendante, correspond au secteur totalement détruit que la végétation commence seulement à coloniser sporadiquement. La deuxième (entre 3 et 5 espèces), en plateau, regroupe deux ensembles de mailles : celles où la végétation est en phase de récupération et celles où au contraire la végétation, en équilibre, peut être considérée comme climacique. Enfin, la troisième, descendante, où la forte richesse floristique révèle une flore non en équilibre.

On peut penser qu'avec le temps il y aura disparition de la première partie puis réduction de la troisième.

ÉTUDE QUALITATIVE

Après le regroupement des mailles en fonction, uniquement, du nombre des espèces présentes, nous allons comparer leur composition floristique pour réaliser la synthèse des cartes de répartition des espèces pour l'année 1981.

Méthodologie

Nous avons effectué une classification hiérarchique ascendante (JAMBU, 1978) des mailles suivant la présence ou l'absence des 14 espèces retenues. La métrique utilisée fut celle du K_{hi}^2 , le critère d'agrégation étant la maximisation du moment centré d'ordre 2. Pour que chaque maille ait le même poids quel que soit le nombre d'espèces présentes, nous avons dédoublé le tableau des données en créant des « anti-espèces ». Ainsi, pour une maille, on notera 0 si l'espèce e est absente et 1 pour l'« anti-espèce » e^- et à l'inverse 1 si e est présente et 0 pour e^- . La fréquence marginale de chaque ligne sera donc pour toutes les mailles égale à 14.

Ce traitement permet de regrouper, à un niveau de dissemblance satisfaisant, les mailles en 9 classes qui se rassemblent entre elles suivant l'arborescence de la planche 10.

En étudiant la composition floristique de chaque classe, il est possible de mettre en évidence les espèces qui les caractérisent. Ainsi pour chaque espèce, nous avons calculé sa fréquence relative de présence dans chacune des classes par rapport au nombre de mailles regroupées dans la classe correspondante. Puis nous avons exprimé cette fréquence par

rapport à l'ensemble des fréquences obtenues pour les 9 classes par un taux de fréquence relative (TFR). Plus la valeur du TFR est élevée, plus la liaison entre la classe et l'espèce est forte (BAUDOIN & al., 1979).

La planche 10 présente ces différentes liaisons suivant 4 classes de TFR : forte pour un TFR supérieur à 30, moyenne entre 20 et 30, faible entre 10 et 20, nulle au-dessous de 10. Les espèces sont ordonnées de façon à mettre les plus fortes valeurs suivant la diagonale. Ceci rapproche celles à comportement voisin.

Description des groupements

Dans l'arborescence de la planche 10, on a associé à chaque classe un symbole différent. Il est alors possible de repérer les mailles regroupées à la même classe et d'en faire la cartographie (Pl. 10 et 11).

Le regroupement 1 figuré par un carré noir correspond à une situation climacique exposée modérément au vent avec comme espèces principales *Guzmania plumieri* et *Clusia mangle*. Le faible développement de ce dernier permet le maintien d'*Isachne rigidifolia*.

Le regroupement 2 figuré par un carré blanc correspond à une situation climacique semblable à la précédente avec des interruptions dues à des affleurements rocheux favorisant les Bryophytes (*Sphagnum*, *Campylopus*) et permettant aussi à quelques Phanérogames pionnières de se maintenir telles que *Pitcairnia bifrons* et *Gaultheria swartzii*. Localement (maille G9) *Ischæmum latifolium* suit le sentier ou profite des quelques éclaircies provoquées par les éruptions en zone peu touchée (I4, I5 et J5). Les mailles bien abritées du vent (H4, H5, I4, I5 et J4) sont favorables à *Cyrilla racemiflora*.

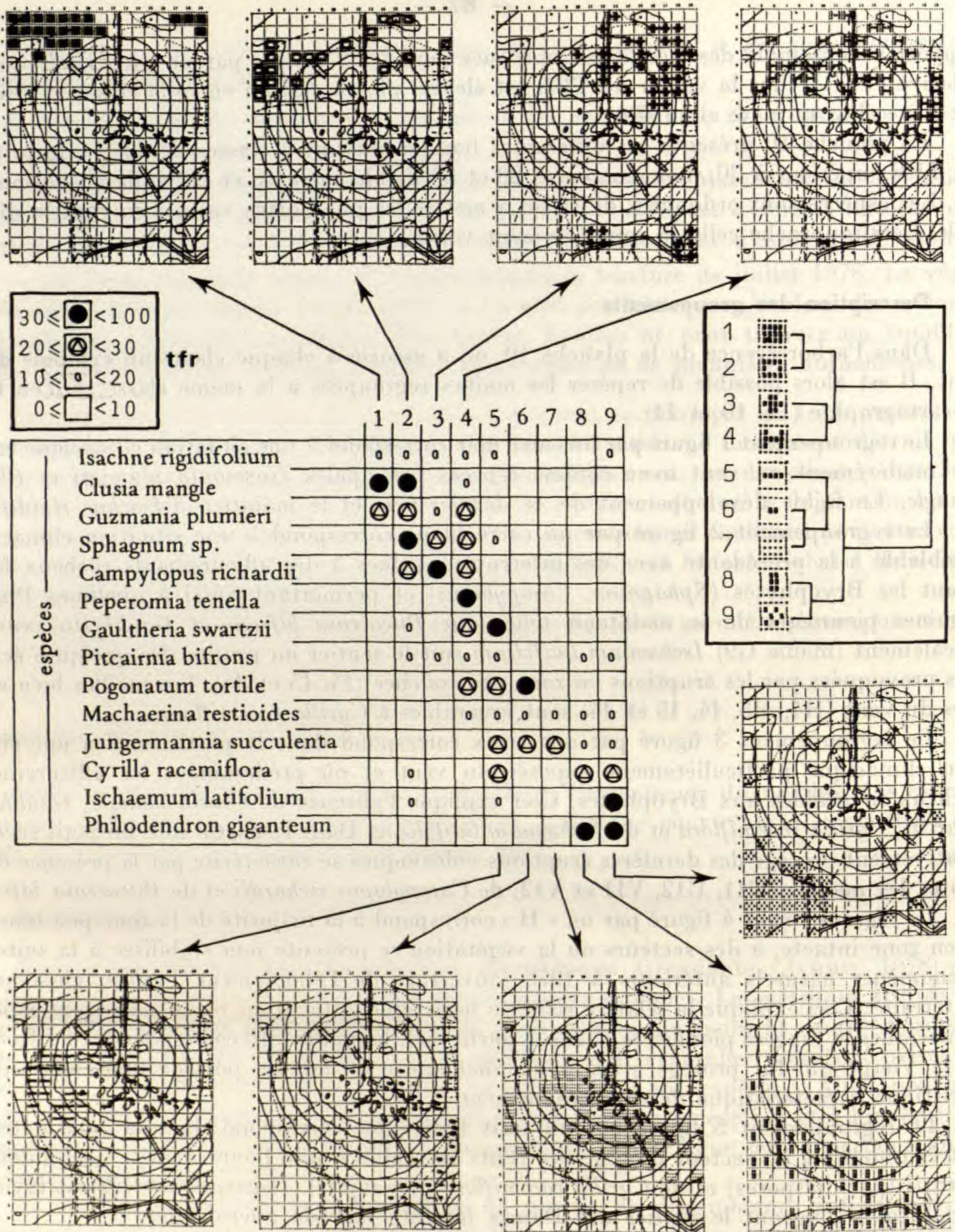
Le regroupement 3 figuré par une croix correspond dans la partie nord à une situation climacique particulièrement exposée au vent et où prédominent les affleurements rocheux favorables aux Bryophytes. Ceci explique l'absence de *Clusia mangle*, *Gaultheria swartzii*, *Cyrilla racemiflora* et de *Ischæmum latifolium*. Dans la partie sud, un petit secteur relativement protégé des dernières éruptions volcaniques se caractérise par la présence dans toutes les mailles (U11, U12, V11 et V12) de *Campylopus richardii* et de *Pitcairnia bifrons*.

Le regroupement 4 figuré par un « H » correspond à la majorité de la zone peu touchée et en zone intacte, à des secteurs où la végétation se présente non stabilisée à la suite de phénomènes naturels antérieurs à 1976 (ouverture de l'éboulement Faujas, glissements de terrain). Ceci explique la relative richesse floristique autochtone où se mélangent espèces climaciques et espèces pionnières. Dans la partie sud, la maille V10 correspondant au Rocher de la Vierge qui fut protégé grâce à un phénomène de falaise, possède une composition floristique caractéristique de ce regroupement.

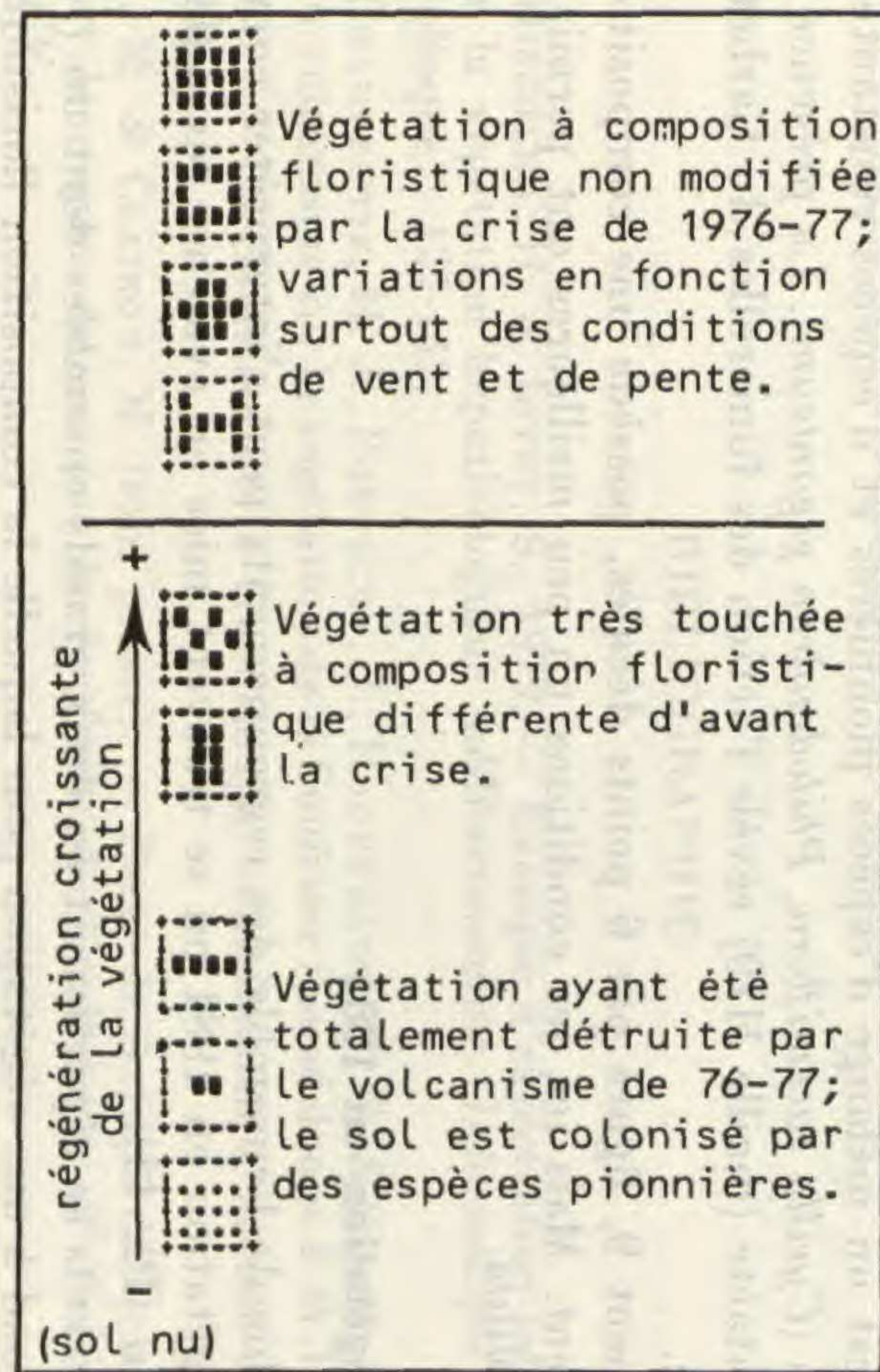
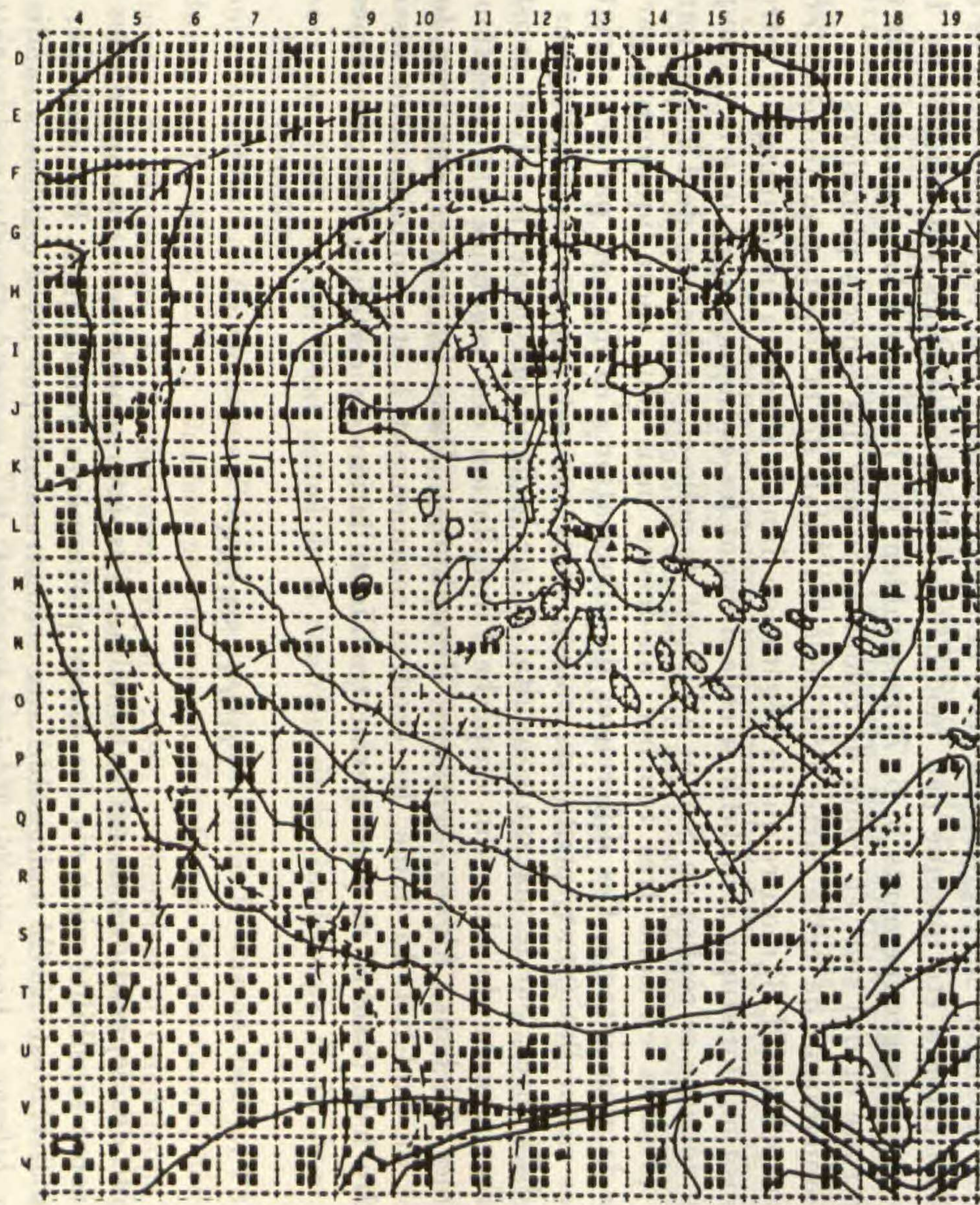
Le regroupement 5 figuré par un trait horizontal correspond dans la zone détruite et très touchée à un secteur protégé des vents favorable à une bonne reprise de *Gaultheria swartzii* (par diaspores) et de *Cyrilla racemiflora* (par rejets). *Pogonatum tortile* est favorisé par le talus longeant le sentier des Dames faisant office de microfalaise.

Le regroupement 6 figuré par deux points noirs centraux correspond dans la zone détruite aux secteurs des éboulements rocheux provoqués par les fractures de 1976 favorisant principalement *Pogonatum tortile*.

Le regroupement 7 figuré par un pointillé correspond aux secteurs les plus dégradés où domine *Jungermannia succulenta* accompagné localement par *Machærina restioides*.



Pl. 10. — Caractérisation spécifique et répartition sur le dôme des regroupements de mailles obtenus par une classification automatique des mailles d'après leur composition floristique. A droite, dendrogramme partiel montrant l'individualisation des 9 regroupements (repérés par un symbole différent); au centre, mise en évidence de la liaison espèce-regroupement suivant 4 classes du TFR (encadré de gauche).



Pl. 11. — Carte de l'état de la végétation en 1981, obtenue par l'analyse de la répartition de 14 espèces indicatrices. Signification des symboles contenus dans les mailles, cf. pl. 10.

Sur le flanc sud du Morne Amic, la maille G4 qui appartient à ce groupement, signale l'existence d'un glissement de terrain récent.

Le regroupement 8 figuré par une bande noire verticale, correspond à des secteurs où la végétation est un mélange d'espèces pionnières et d'espèces résistantes aux phénomènes volcaniques (*Cyrilla racemiflora*, *Philodendron giganteum*). La présence de ce regroupement en zone intacte (maille H19) révèle l'action des fumerolles du Carbet sur la végétation avoisinante.

Le regroupement 9, figuré par 6 points décalés, possède une composition floristique proche du précédent. Mais ici, les conditions un peu meilleures ont permis l'installation d'*Ischæmum latifolium*.

État de la végétation en 1981

La cartographie de l'ensemble des regroupements peut s'interpréter comme une carte de l'état de la végétation en 1981 où se trouvent mise en évidence les différentes étapes de sa régénération (Pl. 11).

Les regroupements se répartissent en deux grands ensembles dont un (regroupements 1, 2, 3, 4) correspond à une végétation pour laquelle la composition floristique est intacte. Dans l'autre ensemble, les regroupements 8 et 9 représentent une végétation dont la composition floristique a été quelque peu modifiée par les phénomènes volcaniques de 1976-77 ; les 3 autres (regroupements 5, 6, 7) rassemblent les mailles où la végétation fut totalement détruite et qui sont en cours de colonisation par des espèces pionnières.

La comparaison de cette carte avec celle du bilan de la végétation immédiatement après les éruptions (Pl. 3) montre que la végétation dans la zone peu endommagée a retrouvé une composition floristique semblable à celle d'avant les événements, et que la reconquête de la zone détruite se réalise au Sud et à l'Ouest de celle-ci, en dessous de 1300 m par des végétaux présents en zone très touchée, au-dessus mais plus sporadiquement, par des espèces de la zone intacte. Ces différences de colonisation s'expliquent par des variations écologiques naturelles (vent, pente) du milieu mais surtout par des manifestations volcaniques différentes. Sur le plateau sommital et sur le flanc sud-ouest, le sol est constitué d'une épaisse couche de blocs qui empêche l'installation des végétaux à l'exception des Cryptogames (Lichens, Algues, certaines Bryophytes). Dans les pentes pas trop fortes, au Sud et au Sud-Est du dôme, les cendres commencent à être suffisamment lessivées pour perdre leur toxicité et pour permettre l'installation de certaines Phanérogames.

CONCLUSIONS

L'étude des répartitions de cet échantillon d'espèces montre que chacune d'elles possède sa propre sensibilité vis-à-vis des divers phénomènes volcaniques. Par exemple, *Guzmania plumieri* s'est révélé vulnérable aux recouvrements par les « cendres » tandis que *Pitcairnia bifrons* a bien résisté. Réciproquement, la reconstitution du tapis végétal se réalise différemment en fonction des types de dégâts. Il apparaît ainsi, sur le dôme, des formations végétales de substitution qui évoluent dans le temps. Ces observations, asso-

ciées aux travaux des volcanologues et des pédologues, permettront de mieux comprendre les processus de colonisation et de survie de la végétation sur ce sommet antillais. Parallèlement, elles rendent compte, comme le suggérait LACROIX (1904), de l'évolution physico-chimique des phénomènes volcaniques de surface.

BIBLIOGRAPHIE

- BAUDOIN, R., BISCHLER, H. & JOVET, S., 1979. — Exemple d'exploitation informatique des données sur la végétation hépaticologique méditerranéenne. *Informatique et Biosphère*, actes du 7^e colloque : 127-142.
- BAUDOIN, R., CHARPENTIE, M. J., PORTECOP, J., ROQUEBERT, M. F. & SASTRE, C. (sous presse). — Effets du volcanisme sur la végétation de la Soufrière (Guadeloupe F.W.I.). *Bull. PIRPSEV*.
- BRUET, E., 1950. — La Soufrière de la Guadeloupe, contribution à l'étude des édifices péleens. *Ann. Géophys.* 6 : 51-65.
- CABIDOCHÉ, Y. M. & CLAIRON, M. (sous presse). — Perte de fertilité des sols liée aux dépôts de cendres volcaniques émises par la Soufrière de Guadeloupe (F.W.I.) en 1976-77. *Bull. PIRPSEV*.
- CHEVRIER, R. M. & LE GUERN, F., 1980. — Prélèvements et analyses des condensats de fumerolles sur volcans actifs : Soufrière de la Guadeloupe (1976-77), Pouzzoles et Vulcano (Italie) 1978. *Bull. PIRPSEV* 32 : 71-85.
- FEUILLARD, M., 1981. — Le volcanisme de Guadeloupe. *Bull. APBG* 6 : 3-17.
- FRAHM, J. P., 1976. — Taxonomische Studien zur Gattung *Campylopus* III. *Rev. Bryol. et Lichénol.* 42 : 891-908.
- GOGUEL, J., 1977. — Le mécanisme des éruptions phréatiques dans l'activité volcanique. *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.* 5 : 277-279.
- HOWARD, R. A., 1962. — Volcanism and vegetation in the Lesser Antilles. *Jour. Arnold Arb.* 43 : 279-314.
- HOWARD, R. A., PORTECOP, J. & DE MONTAIGNAC, P., 1980. — The post-eruptive vegetation of La Soufrière, Guadeloupe, 1977-1979. *Jour. Arnold Arb.* 61 : 749-764.
- JAMBU, M., 1978. — *Classification automatique pour l'analyse des données I : méthodes et algorithmes*, Dunod, 310 p., Paris.
- JOLIVET, J., 1958. — La crise volcanique de 1956 à la Soufrière de la Guadeloupe. *Ann. Géophys.* 14 : 305-322.
- JOVET-AST, S., 1952. — Sphaignes de la Guadeloupe. *Rev. Bryol. et Lichénol.* 21 : 176.
- LACROIX, A., 1903. — Sur l'état actuel de la Soufrière de la Guadeloupe. *C. R. Acad. Sc. Paris* 136 : 656-659.
- LACROIX, A., 1904. — *La montagne Pelée et ses éruptions*. Tome I, Masson, 662 p., Paris.
- LE BOUCHER, L., 1903. — *La Guadeloupe pittoresque*, Éd. Géogr. Marit. Colon., 258 p., Paris.
- LE GUERN, F., BERNARD, A. & CHEVRIER, R. M., 1980. — Soufrière of Guadeloupe 1976-1977 Eruption. Mass and Energy Transfer and Volcanic Health Hazards. *Bull. Volcanol.* 43 : 577-593.
- LEROY ANDREWS, A., 1941. — Notes on the Warnstorff sphagnum herbarium. III. The subgenus *Inophloea* in South America. *The Bryologist* 44 : 155-159.
- MERCIER, M., 1837. — Note sur la dernière éruption boueuse du volcan de Guadeloupe. *C. R. Acad. Sc. Paris* 4 : 651-654.

- PATERNE, M., 1980. — *Chronologie des éruptions du Massif de la Soufrière (Guadeloupe-Petites Antilles). Essai de comparaison des périodes d'activité volcanique de quelques grandes régions volcaniques*. Thèse 3^e cycle, n° 1606, Université de Bordeaux I. 165 p.
- PORTECOP, J., 1978. — *Phytogéographie, cartographie écologique et aménagement dans une île tropicale. Le cas de la Martinique*. Thèse, Université de Grenoble.
- READ, R. W., 1970. — Preliminary studies of Pitcairnia in Eastern Caribbean. *Phytologia* 19 : 170-280.
- ROBSON, G. R. & TOMBLIN, J. F., 1966. — Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatara fields. *Intern. Assoc. Volcan. Ed.* 20 : 18-22.
- SASTRE, C., 1978. — Plantes menacées de Guadeloupe et de Martinique. I : espèces altitudinales. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, sér. Écologie générale, 42 : 65-93.
- SCHIMPER, A. F. W., 1890. — Ueber Schutzmittel des Laubes gegen Transpiration, vornehmlich in der Flora Javas. *Monatsber. Berlin. Akad. Wiss.* 7.
- SCHNELL, R., 1971. — *Le volcanisme et la végétation, in Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Les milieux, les groupements végétaux*. Vol. 2. Gauthier Villars, pp. 503-951, Paris.
- STEHLÉ, H., 1935. — *Flore de la Guadeloupe et Dépendances. 1 : Essai d'écologie et de géographie botanique*, 284 p., Basse-Terre, Guadeloupe.
- STEHLÉ, H., 1938. — *Esquisse des Associations végétales de la Martinique*, 72 p., Fort-de-France, Martinique.
- STEHLÉ, H. & M., 1958. — *Une excursion à la Soufrière*, 86 p., Basse-Terre, Guadeloupe.
- STEHLÉ, H., 1979-1980. — Premières observations sur la reconstitution du tapis végétal sur le volcan de la Soufrière de Guadeloupe. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 126, lettres bot. 3 : 349-359 ; 127, lettres bot. 2 : 159-168.
- THIONVILLE, C., 1931. — *La Guadeloupe touristique*, Imp. Veuve Léger, 317 p., Paris.
- VAN DER WIJK, R., 1967. — Index muscorum. *Regnum vegetabile* 48 : 1-604.
- WESTERCAMP, D., 1980. — Une méthode d'évaluation et de zonation des risques volcaniques à la Soufrière de Guadeloupe. *Bull. Volcanol.* 43 : 431-452.